

Kringlopen in de biologische landbouw

Een verkenning van mogelijkheden en grenzen

Januari 2003



Colofon

Uitgevers

LEI, Praktijkonderzoek Veehouderij,
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Koepelprogramma Biologische Landbouw

Het Koepelprogramma Biologische Landbouw, gefinancierd door het ministerie van LNV, stimuleert de samenwerking en afstemming van verschillende onderzoeksprogramma's biologische landbouw binnen Wageningen UR. Voor meer informatie over het Koepelprogramma zie www.biologischelandbouw.net.

Kringlopen in de biologische landbouw

Een verkenning van mogelijkheden en grenzen

Paper binnen het kader van het Koepelprogramma Biologische Landbouw

Marieke Meeusen (LEI)

Henri Prins (LEI)

Ina Enting (PV)

Pieter de Wolf (PPO)

Januari 2003

Voorwoord

Dit paper dient als discussiestuk voor de themamiddag “Gesloten kringlopen in de biologische landbouw: utopie of werkelijkheid?”. Deze bijeenkomst werd georganiseerd door het Innovatiecentrum Biologische Landbouw op 26 november 2002. Diverse sprekers hebben daar hun licht laten schijnen over de mogelijkheden van gesloten kringlopen in de biologische landbouw. Het voorliggend paper vormde de basis voor één van die inleidingen, die door ir. W. Sukkel (PPO) werd gehouden.

Het hoofd Innovatiecentrum Biologische Landbouw is programmaleider van het Koepelprogramma Biologische Landbouw. Dit programma is gericht op een optimale afstemming en coördinatie van het door LNV geïnitieerd onderzoek op het gebied van de biologische landbouw binnen Wageningen UR. Eén van de aanleidingen om dit paper op te stellen was dan ook “kennissynthese” tussen kennisinstellingen van Wageningen UR. Wij hebben diverse bijeenkomsten met elkaar belegd en in een uiterst plezierige sfeer hebben wij onze kennis bijeengebracht. Wij danken het Koepelprogramma Biologische Landbouw van harte voor de financiële bijdrage om dit paper te kunnen opstellen en te kunnen presenteren. De auteurs hebben met groot plezier aan dit paper gewerkt.

Wij danken enkele collega's die ons hebben ondersteund bij het schrijven van dit paper: dr. ir. J. Wolfert (LEI), ir. W. Sukkel en ing. A.G.J. Dekking (PPO) en ir. M. de Visser (PV).

De auteurs

Inhoud

1	Introductie	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Intenties van de biologische sector	1
1.3	Vertaling van de intenties	2
1.4	Parallele discussies.....	2
1.5	Doel van de paper: Kringlopen ter discussie	3
2	Kringlopen en systeemgrenzen.....	5
2.1	Inleiding	5
2.1.1	Kringloopdefinitie	5
2.1.2	Systeemdefinitie	6
2.2	Vier componenten in één systeem.....	6
2.2.1	Vee.....	7
2.2.2	Mest.....	7
2.2.3	Bodem.....	7
2.2.4	Gewas	8
2.3	Verhouding vraag consumabele dierlijke producten en consumabele plantaardige producten	8
2.4	Conclusie.....	9
3	Vier componenten in een systeem	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Systeemgrens op bedrijfsniveau	11
3.2.1	Gespecialiseerde plantaardige bedrijven	11
3.2.2	Gespecialiseerde veehouderijbedrijven	11
3.2.3	Gemengde systemen	13
3.2.4	Conclusie op bedrijfsniveau	13
3.3	Systeemgrens regionaal	14
3.3.1	Bi-laterale samenwerking	14
3.3.2	Regionaal samenwerkingsverband.....	14
3.4	Systeemgrens op (inter)nationaal niveau.....	16
3.5	Conclusies	17
4	Kringlopen bij opschaling van de biologische landbouw	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Scenario 1: situatie anno 2001	20
4.3	Scenario 2: stimulering groei tot 5% van areaal en dieren	21
4.4	Scenario 3: omvang in relatie tot vraag en zelfvoorziening	23
4.5	Conclusies	26
5	Synthese	27
5.1	Conclusies	27
5.1.1	Begripsvorming	27
5.1.2	Vier componenten.....	27
5.1.3	Systeemgrenzen.....	27
5.1.4	Zelfvoorziening	27
5.2	Aanbevelingen	28
	Literatuur	29
	Publicaties	29
	Websites.....	30

Bijlage 1 IFOAM Standards for Organic Production and Processing.....	31
Bijlage 2 Modelbeschrijving	32
Bijlage 2a Compartiment vee.	32
Bijlage 2b. Compartiment mest.....	33
Bijlage 2c Compartiment bodem	35
Bijlage 2d Compartiment gewas.....	36

1 Introductie

1.1 Inleiding

De biologische landbouw is sterk in ontwikkeling in Nederland. De sector heeft inmiddels een serieuze plaats in de wereld van de landbouw veroverd, de groei van het areaal zet door en een groeiend aantal marktactoren (producenten, verwerkers, detaillisten, consumenten) heeft te maken met biologische productiewijze. Het feit dat een toenemend aantal stakeholders betrokken is bij de biologische landbouw en het vertrouwen van consumenten in de productiewijze van grote betekenis is voor een duurzame ontwikkeling van de biologische markt, maakt het noodzakelijk om gezamenlijk te komen tot een duidelijke uitwerking en invulling van het biologische concept. Algemene doelstellingen van de biologische landbouw vragen om een vertaling richting concrete richtlijnen. Dat geldt zeker voor de wens om gesloten kringlopen te vormen. Vragen die daarbij aan de orde komen, zijn: Wat is een gesloten kringloop, waarover heeft men het en op welk niveau?

1.2 Intenties van de biologische sector

Wanneer de 'Basic standards for organic production and processing' van de International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM, www.ifoam.org)¹ erop worden nageslagen zijn er diverse doelstellingen en uitgangspunten die raken aan de "kringloop-discussie".

De volgende twee doelstellingen hebben rechtstreeks te maken met kringlopen:

- "To interact in a constructive and life-enhancing way with natural systems and cycles.
- To encourage and enhance biological cycles within the farming system, involving micro-organisms, soil flora and fauna, plants and animals. "

Beide doelstellingen geven aan dat kringlopen een belangrijk onderdeel van de levende werkelijkheid zijn, op allerlei niveaus. Mondiaal, maar ook op microniveau vindt recycling van water, koolstof, stikstof en andere stoffen plaats. Sommige cycli op ecosysteemniveau zijn zelfs volledig gesloten, zoals de nutriëntenkringloop van een tropisch regenwoud. Het aansluiten bij natuurlijke cycli is een belangrijke motivatie voor het vormen van kringlopen in de biologische landbouw. Volgens de tweede doelstelling staat het bedrijfsniveau daarbij centraal.

Daarnaast is er een tweetal IFOAM-doelstellingen dat indirect verband houdt met kringlopen:

- "To consider the wider social and ecological impact of the organic production and processing system.
- To use, as far as possible, renewable resources in locally organised production systems. "

Hier gaat het om kringlopen binnen en tussen systemen, waarbij invloeden van agrarische productie op de omgeving en het gebruiken van vernieuwbare inputs binnen locale systemen centraal staan. Een tweede bron van motivatie voor het vormen van kringlopen is het minimaliseren van negatieve effecten op de omgeving, zoals emissies of door uitputting van grondstoffen. De tweede intentie geeft nog de toevoeging 'locally organised', waarmee ook een uitspraak wordt gedaan over de systeemgrens: regionale kringlopen is het ideaal.

Tot slot is er een heel concrete doelstelling aangaande de vormgeving van kringlopen: "To create a harmonious balance between crop production and animal husbandry." In dit uitgangspunt wordt de samenwerking tussen akkerbouw en veehouderij gezien als een wezenlijk onderdeel voor het vormen van kringlopen.

Uit voorgaande blijkt dat de IFOAM-standaards heel algemeen zijn geformuleerd; ze bieden weinig concrete aanknopingspunten of richtlijnen voor verdere uitwerking van de kringloopgedachte. Het is onduidelijk welke kringlopen bedoeld worden en op welk niveau ze plaatsvinden.

De Europese Economische Gemeenschap (nu Europese Unie) heeft in 1991 een verordening vastgesteld 'inzake de biologische productiemethode en aanduidingen dienaangaande op landbouwproducten en levensmiddelen' (nr. 2092/91, te vinden op www.skal.nl). In deze verordening wordt de kringloopgedachte – beperkt – uitgewerkt in de eis dat akkerbouwbedrijven gebruik moeten maken van organische meststoffen

¹ zie bijlage 1 voor de complete weergave van de standaards

die geproduceerd zijn op biologische bedrijven. Wanneer er onvoldoende biologische mest beschikbaar is, kan gebruik gemaakt worden van gangbare mest. De hoeveelheid wordt per land vastgesteld door daartoe bevoegde instanties. In Nederland heeft de Stichting Skal deze bevoegdheid, en deze stichting stelt in de richtlijnen voor biologische plantaardige productie dat tenminste voor 20 procent gebruik gemaakt moet worden van biologische mest. Verder wordt in de EEG-bepalingen apart ingegaan op het onderlinge *evenwicht* van productiesystemen in de landbouw, waarbij dieren, gewassen en bodem van elkaar afhankelijk zijn. Diervoeders moeten biologisch van oorsprong zijn, waarvan 60 procent (drogestof) bestaat uit ruwvoeders. Tot 2005 is het gebruik van gangbare voeders door de EU toegelaten tot een maximum van 10 procent (drogestof). In de EEG-verordening wordt dus alleen iets gezegd over het gebruik van biologische en gangbare veevoeders en mest. De nationale richtlijnen (voor Nederland de eerder genoemde Skal-regels) zijn vaak een herschrijving van de EU-regelgeving, waar verder weinig aan toegevoegd wordt. Deze nationale richtlijnen geven dus ook weinig verder houvast voor concretisering.

1.3 Vertaling van de intenties

Aldus ontstaat het volgende beeld. Een gesloten kringloop is een van de wensen van biologische landbouw. De belangrijkste officiële instanties hebben deze wens echter niet vertaald in concrete intenties of regelgeving. Uit de beschikbare documenten is wel af te leiden dat de motivatie voor kringlopen berust op:

- *Natuurlijkheid:* In de natuurlijke ecosystemen bestaan diverse kringlopen en vormen planten en dieren een wezenlijk onderdeel van diverse cycli. Vertaald naar de biologische landbouw worden kringlopen gevormd naar analogie van natuurlijke kringlopen, waarbij plantaardige en dierlijke productie beide onmisbaar zijn.
- *Gebruik van biologische grondstoffen:* Het predikaat 'biologisch' wordt gegeven aan producten die op een biologische wijze zijn geproduceerd, dus met gebruikmaking van biologische grondstoffen. De vorming van kringlopen kan de inzet van biologische grondstoffen bevorderen. Vanwege het tekort aan deze grondstoffen wordt tijdelijk het gebruik van gangbare grondstoffen toegestaan.
- *Relatie met de omgeving:* Het minimaliseren van verliezen en gebruik maken van hernieuwbare bronnen in plaatselijk georganiseerde systemen. De vorming van kringlopen kan mogelijk bijdragen aan het terugdringen van verliezen en is een concrete invulling van de doelstelling om hernieuwbare bronnen benutten.

Deze achterliggende redenen komen in de meeste discussies over kringlopen nauwelijks aan de orde. De volledig biologische herkomst van grondstoffen komt wel regelmatig expliciet aan de orde (Hofstad en Schröder, 2002). Kringlopen worden ook eenzijdig op nutriënten betrokken, waarbij met name stikstof en fosfaat worden genoemd, terwijl er ook voor energie, koolstof, water, andere nutriënten (Kalium) en sporenelementen (Magnesium, koper etc.) kringlopen zijn. In de officiële documenten is er de intentie om lokaal georganiseerde systemen op te zetten, waarmee de systeemgrens wordt aangegeven (DARCOF, 2000).

Een nadere uitwerking van de wens "gesloten kringlopen" ontbreekt vooralsnog. De inhoud van de kringloop wordt niet gedefinieerd en het begrip 'gesloten' is ook nog niet opgehelderd. In deze notitie wordt daarom een aanzet gegeven voor de meningsvorming over (gesloten) kringlopen in de biologische landbouw.

1.4 Parallele discussies

Op de achtergrond spelen allerlei andere discussies die de discussie over kringlopen beïnvloeden:

- Enerzijds is er de alomtegenwoordige wens om te komen tot gesloten kringlopen, waarvan de motivatie slechts gedeeltelijk expliciet wordt gemaakt. Daarnaast zijn er doelstellingen voor zelfvoorziening en de daarvoor noodzakelijke evenwichtige groei van de biologische sector, die rechtstreeks van invloed zijn op het vormen van kringlopen. Deze discussie willen we betrekken in de afweging rondom kringlopen.
- Daarnaast blijkt de biologische sector niet consequent te zijn in allerlei aspecten rondom kringlopen. Men spreekt naar de geest van de intenties en handelt naar de letter van de doelstellingen. De voorlopige grens van 20% biologische mest wordt door veel ondernemers vertaald naar 'maximaal 80% gangbare mest.' Datzelfde geldt voor diervoeders. Het strooisel in de stal is in de meeste gevallen gangbaar stro of zaagsel (Zonderland *et al*, 2002).

Een hele belangrijke achtergrondreden rondom kringlopen is het economische aspect. In diverse studies komt naar voren dat het gebruik van biologische grondstoffen duurder is dan de inzet van gangbare grondstoffen. Gangbare mest wordt gratis geleverd en ondergewerkt en is vaak in de buurt beschikbaar, terwijl biologische mest tegen betaling wordt geleverd met hogere transportkosten. Soortgelijke redeneringen komen ook voor bij de inzet van biologisch ruwvoer, krachtvoer en strooisel (Zonderland *et al*, 2002). Helaas worden deze redenen pas achteraf onderkend als randvoorwaarde voor ontwikkelingen in de biologische sector.

- Tot slot speelt de markt een belangrijke rol bij de vorming van kringlopen. De verhoudingen tussen en binnen plantaardige en dierlijke productie hangen af van de marktvraag naar biologische producten, maar hebben ook directe invloed op de kringlopen. Omdat de overheid landelijk inzet op 10% biologische productie, is de gedachte ontstaan dat voor alle producten 10% van biologische oorsprong moet zijn. De grote vraag is of er dan tekorten of overschotten ontstaan voor de verschillende biologische grondstoffen. Is er voldoende mest om de gewassen van mest te voorzien, en leveren de gewassen voldoende voedergewassen om aan de behoefte van dieren te voldoen?

1.5 Doel van de paper: Kringlopen ter discussie

Uit het bovenstaande blijkt dat de wens van een gesloten kringloop nogal wat haken en ogen heeft. Het is niet duidelijk welke kringlopen men bedoelt, en wat men verstaat onder een gesloten kringloop. Daarnaast wordt vaak niet expliciet aangegeven welke doelen er meespelen als men kringlopen wil realiseren. Evenmin wordt het niveau van de kringloop gedefinieerd. Verder worden in onze optiek een aantal consequenties over het hoofd gezien, die raken aan de kern van de biologische landbouw, zoals milieuresultaten en economische duurzaamheid.

De paper heeft verschillende doelen:

- Uitwerken van het begrippenkader. Wat verstaat men onder een kringloop, welke kringlopen zijn er, wat is een gesloten kringloop?
- Vaststellen van systeemgrenzen. Welke elementen maken deel uit van de kringloop en op welke niveaus kunnen kringlopen gevormd worden?
- Nagaan in hoeverre kringlopen voldoen aan wensen en randvoorwaarden van de biologische landbouw.
- Verkennen van de optimale verhouding tussen dierlijke en plantaardige productie bij een kringloop in evenwicht, rekening houdend met groeidoelstellingen van de biologische sectoren.
- Het vinden van een voorlopig antwoord op de vraag: Is de vorming van een (gesloten) kringloop een goede weg om de intenties van de biologische sector te verwezenlijken, en zo ja, hoe dan?

De paper wil de discussie katalyseren door informatie aan te dragen, te rangschikken en met elkaar in verband te brengen. De conclusies die daaruit naar voren komen geven we weer, maar we willen nadrukkelijk geen aanbevelingen doen over de richting van de discussie. Dat is de taak van de betrokkenen in de biologische sector zelf.

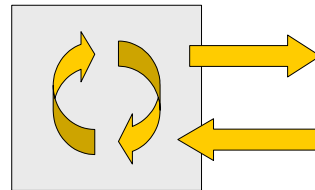
2 Kringlopen en systeemgrenzen

2.1 Inleiding

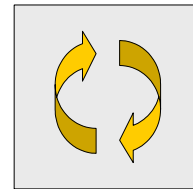
Allereerst is het nodig om te komen tot een werkbaar begrippenkader. Wat is een kringloop, waaruit bestaat de kringloop, wat is een gesloten kringloop, op welke niveaus zijn kringlopen van belang? Dit zijn zo wat vragen die eerst beantwoord moeten worden. Vanzelfsprekend is deze begripsvorming niet het einde, maar juist het begin van de discussie.

2.1.1 Kringloopdefinitie

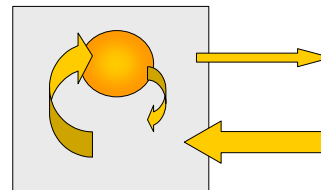
Een kringloop kan worden gedefinieerd als een aantal onderling samenhangende water-, energie- of stofstromen, waarbij hergebruik plaatsvindt. Een kringloop vindt plaats binnen een afgebakend systeem. In deze notitie onderscheiden we twee typen kringlopen, te weten: een open en een gesloten kringloop. Deze kunnen al dan niet in evenwicht zijn. Voor een open kringloop geldt dat er in- en uitstromen over de systeemgrens mogelijk zijn (figuur 2.1). De kringloop is gesloten wanneer *geen* stromen over de systeemgrens heen plaatsvinden (figuur 2.2). De kringloop is in evenwicht wanneer er binnen het systeem geen structurele ophoping of uitputting plaatsvindt en als de eventuele aan- en afvoer over de systeemgrens gelijk zijn. In een onevenwichtige kringloop vindt dus wel ophoping of uitputting plaats doordat aan- en afvoer ongelijk zijn (figuur 2.3). Of een kringloop open of gesloten is, is dus vooral afhankelijk van de gekozen systeemgrens. Hoe hoger het niveau van de systeemgrens hoe eerder een kringloop gesloten zou kunnen zijn.



Figuur 2.1 Open kringloop



Figuur 2.2 Gesloten kringloop



Figuur 2.3 Onevenwichtige open kringloop

Natuurlijke kringlopen bestaan er voor energie-, water- en verschillende stofstromen.

- De meest bekende kringloop is de nutriëntenkringloop, deze wordt ook meestal bedoeld in officiële documenten en publicaties over kringlopen (www.ifoam.org; www.skal.nl; www.platformbiologica.nl; Hofstad en Schröder, 2002, Zonderland *et al*, 2002). Deze springt ook het meeste in het oog in een agrarisch bedrijf, omdat nutriënten² een belangrijke productiefactor vormen voor gewasgroei.
- Naast stikstof, fosfaat en kali circuleren ook allerlei andere elementen, zoals magnesium, koper en ijzer, de zogenaamde sporenelementen. Deze zijn wezenlijk voor de groei en gezondheid van gewassen en dieren, maar zijn slechts in geringe hoeveelheden nodig. Ze zijn in de meeste plantaardige en dierlijke producten en reststromen aanwezig.
- Ook koolstof circuleert in natuurlijke systemen, met name in de vorm van organische stof. Deze kringloop heeft een sterke relatie met de nutriëntenkringloop, omdat organische stof een belangrijke bron van nutriënten is.
- Energiestromen vormen ook cycli die interacties hebben met de nutriënten- en koolstofkringlopen. Gewassen leggen energie vast door fotosynthese, maar bevatten ook koolstof en nutriënten.
- Water is een onmisbaar onderdeel voor (agro)-ecosystemen en vormt ook cycli bij plantaardige en dierlijke productie. De interactie met andere kringlopen is sterk: Verschillende nutriënten lossen op in water, zodat cycli gedeeltelijk parallel verlopen.

² De term 'nutriënten' omvat de elementen stikstof, fosfaat en kali. In sommige disciplines noemt men dit 'mineralen'. In het vervolg wordt consequent 'nutriënten' gebruikt, analoog aan het engelse begrip 'nutrient cycle.'

In deze notitie wordt de meeste aandacht besteed aan de nutriëntenkringloop, met name stikstof en fosfaat, omdat hierover de meeste gegevens beschikbaar zijn. Andere kringlopen krijgen in het algemeen weinig aandacht in de biologische sector, en ook in deze notitie passeren ze slechts zijdelings de revue. De verwevenheid van de nutriëntenkringloop met de andere kringlopen is wel een punt van aandacht bij de conclusies. Het lijkt ons echter ook zinvol om ook voor deze kringlopen doelstellingen te formuleren voor de biologische sector, omdat deze stofstromen ook een wezenlijk onderdeel van alle natuurlijke ecosystemen uitmaken. Bij verdere studie moet blijken of verschillende kringlopen ook overeenstemmen als ze gekwantificeerd worden.

2.1.2 Systeemdefinitie

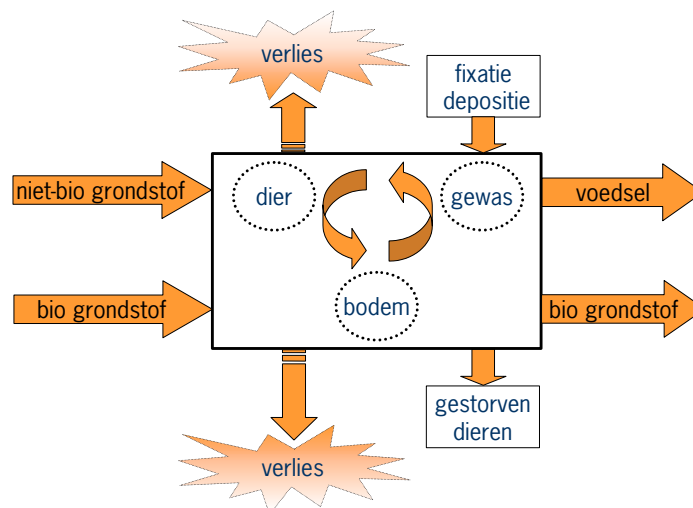
De kleinste eenheid van het systeem is het primaire agrarische bedrijf, het hoogste schaalniveau is het wereldniveau. Wanneer we de systeemgrens maar ver genoeg oprekken is er sprake van een gesloten kringloop. De systeemgrootte is dus bepalend voor de vormgeving en uitwerking van kringlopen. Daarbij wordt de systeemdefinitie onderdeel van de discussie. We stellen in deze discussie de volgende twee voorwaarden aan de grens van het (primaire) bedrijf ten opzichte van haar omgeving:

- De fysieke milieu-omgeving: lucht, grond- en oppervlakte water, bodem en aangrenzende gronden. In deze notitie stellen we de grens op dat punt waar “mineralen niet meer terug te winnen zijn”; voor de bodem is dit bijvoorbeeld de 1-meter grens.
- De keten-omgeving. Wanneer toeleverende en verwerkende bedrijven onderdeel worden van het te beschouwen systeem kunnen we verwerkingsmogelijkheden van reststromen tot meststof als een van de opties zien om de kringloop te sluiten. Ofschoon deze optie zeker van betekenis is, willen we dit niet diepgaand uitwerken in deze notitie.

In de volgende paragraaf willen we het begrip ‘kringlopen’ verder uitwerken om te komen tot aanknopingspunten, waarlangs we de “kringlopendiscussie” kunnen voeren.

2.2 Vier componenten in één systeem

In de kringloopgedachte staan de nutriëntenstromen dus centraal. Binnen deze stromen staan in Nederland stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5) het meest in de belangstelling. In de Nederlandse mestwetgeving krijgt kalium (K) minder aandacht, omdat dit element meestal geen beperkende factor is voor plantaardige en dierlijke productie in Nederland, en omdat het geen negatieve milieueffecten heeft.



Figuur 2.4 Basisschema van de nutriëntenkringloop ('bio' staat voor 'biologisch').

In het meest eenvoudige schema van een nutriëntenkringloop vindt uitwisseling van nutriënten tussen de dierlijke tak en de plantaardige tak plaats (figuur 2.4). De uitwisseling tussen de sectoren vindt plaats van dier naar bodem, van bodem naar gewas, en van gewas naar dier. In de bodem treedt ook nog een voorraadwijziging op, waardoor daar nog een netto winst of verlies van nutriënten plaats vindt. Nutriënten

verdwijnen uit de biologische kringloop via voedselproducten voor de maatschappij³, via biologische grondstoffen naar andere biologische bedrijven (afhankelijk van de systeemgrens), maar ook via afvoer van gestorven dieren en via verlies door emissies aan water, lucht en de diepere bodem. Aan de andere kant komen nutriënten de kringloop binnen door neerslag van stikstof en fosfaat via regen (depositie) en door binding van stikstof uit de lucht door vlinderbloemige gewassen (fixatie). Afhankelijk van op welk niveau de systeemgrens gelegd wordt, komen ook biologische grondstoffen het systeem in of verlaten biologische grondstoffen het systeem. Voor het totaalbeeld moet ook opgemerkt worden dat onder de huidige wetgeving, via het gebruik van niet-biologische grondstoffen, niet-biologische nutriënten in de kringloop geïntroduceerd worden.

Voor het verder benoemen van de stromen moet binnen hier nog onderscheid gemaakt worden tussen de componenten vee en mest, waardoor vier componenten een rol spelen in de kringloop: vee, mest, bodem en gewas (naar Hofstad en Schröder, 2002).

2.2.1 Vee

Het belangrijkste aspect bij vee is dat zij voedselproducten produceren of zelf het voedselproduct zijn dat door de maatschappij geconsumeerd wordt. Via deze producten verlaten veel nutriënten de kringloop. Deze nutriënten zijn tegenwoordig “nog niet terug te winnen” als biologische stofstroom. Voor deze productie consumeert het vee nutriënten uit het component ‘gewas’. Een nevenproduct bij vee is (stro)mest. In de biologische houderij is mest een waardevolle component, omdat het de benodigde nutriënten voor de bodem bevat.

Uit de component ‘vee’ verlaten via afvoer van gestorven dieren nutriënten de kringloop⁴. Daarnaast treden verliezen op door gasvorming in de dieren.

2.2.2 Mest

Al in de stal en de mestopslag treedt er verlies van nutriënten in de mest op. Ammoniak en andere N-verbindingen emitteren in de lucht, en dragen op die manier bij aan de verzuring en het broeikas effect. Ook tijdens het uitrijden van de mest op het land treden deze verliezen richting de lucht op. De hoogte van de ammoniakuitstoot wordt bepaald door het type mest (vaste mest of drijfmest) en door de methode van onderwerken (niet, omploegen of injecteren). Als er na het uitrijden van mest op akkerbouwgronden geen extra maatregelen genomen worden, treedt er zowel bij drijfmest als bij vaste mest een vervluchtiging van 30% - 60% op. Deze vervluchtiging kan gereduceerd worden met een factor 0,9 als de mest direct onder geploegd wordt, en met een factor van 0,95 als de (drijf)mest geïnjecteerd wordt.

De huidige wetgeving stelt dat voor het telen van biologische gewassen minimaal 20% van de mest van biologische oorsprong moet zijn. Omgekeerd: maximaal 80% mag uit de gangbare houderij afkomstig zijn, maar dan alleen van extensieve of grondgebonden niet-intensieve bedrijven. Via mest worden dus ook nutriënten in de kringloop geïmporteerd.

2.2.3 Bodem

Op bodemniveau moet voor stikstof onderscheid gemaakt worden tussen organisch gebonden en minerale (opgeloste) stikstof, waarvan alleen de minerale stikstof opneembaar is voor gewassen. Nadat de mest is aangebracht op het land, treden alsnog nutriëntenverliezen op door uitspoeling van minerale stikstof naar de diepere bodem en het grondwater. Ook treden verliezen op door vervluchtiging. Onder zuurstofarme omstandigheden wordt een deel van de minerale stikstof omgezet in ammoniak, wat vervluchtigt. Door het bodemleven wordt organisch (N-)materiaal afgebroken, waarbij een deel van de stikstof in minerale vorm vrijkomt. Het verschil tussen aanvoer, vastlegging en afbraak resulteert in een bodemvoorraadwijziging. Na aanwending van de mest treden er ook nutriëntverliezen bij fosfaat op. De grootte van de uitspoeling is verschillend voor stikstof en fosfaat. De wateroplosbare stikstof (met name nitraat) is sterk uitspoelingsgevoelig, in tegenstelling tot fosfaat, wat voor een groot deel adsorbeert aan bodemdeeltjes en voor maar een klein deel oplost in het bodemvocht.

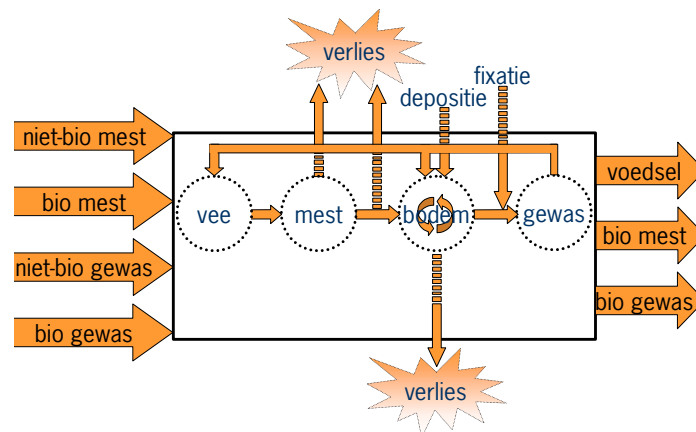
³ De nutriënten die via voedselproducten naar de maatschappij de kringloop verlaten worden in dit paper op basis van gehele producten groente, vlees, eieren, melk (inclusief afvalstromen zoals gewasresten, beenderen, huis etc.) uitgedrukt.

⁴ Afvoer van mineralen via gestorven dieren wordt in de totale kringloop nihil verondersteld.

2.2.4 Gewas

Het grootste deel van de nutriënten die via de mest aan de bodem zijn toegediend, wordt onttrokken door het gewas. Daarnaast kunnen vlinderbloemige gewassen zoals klavers, luzerne en erwten stikstof vastleggen door symbiose met stikstofbindende bacteriën. Deze bacteriën binden stikstof uit de lucht (fixatie) en leveren dit aan de wortels van de plant in ruil voor assimilaten. Een deel van de gewassen belandt in de humane voedselketen; een ander deel wordt gebruikt als voer voor het vee. Gewasresten leiden op het bedrijf tot een directe of indirecte, interne kringloop van nutriënten. Direct doordat de resten achterblijven op het land en daar verteren, waardoor nutriënten (gedeeltelijk) weer beschikbaar komen voor nieuwe gewassen. Naar schatting bevatten de resten 25% van de stikstof van het totale gewas. Een indirecte kringloop treedt op doordat sommige akkerbouwbedrijven na levering van gewassen aan de aardappelzetmeel- of suikerbietenindustrie meststoffen betrekken vanuit diezelfde industrie. Naast de biologische voerbestanddelen worden voor het vee ook nog veel niet-biologische voeders geïmporteerd. Tot medio 2005 mochten biologische boeren maximaal 10% (melkvee) of 20% (varkens en pluimvee) niet-biologisch geteeld mengvoer opnemen in het rantsoen. Ruwvoer moet wel altijd 100% biologisch zijn. Een nevenproduct van de graanteelt is de productie van stro. In de biologische veehouderij is voor sommige dieren verplicht om een ligbed van stro te gebruiken. Het gebruikte stro verdwijnt bij verversing van het ligbed in de mest. Evenals voer wordt er ook veel niet-biologisch stro in de biologische kringloop geïmporteerd. Er geldt geen beperking op het aandeel niet-biologisch stro, evenmin op de periode dat dit nog toegestaan is. Het stikstof- en fosfaatgehalte in stro is echter zeer laag, zodat stro een geringe bijdrage aan de (verstoring van de) nutriëntenkringloop heeft.

Op basis van de verder opsplitsing naar vee, mest, bodem en gewas ziet de al dan niet gesloten nutriëntenkringloop er uit als in figuur 2.5.



Figuur 2.5 Uitgebreid schema van de nutriëntenkringloop met de elementen vee, mest, bodem en gewas

2.3 Verhouding vraag consumabele dierlijke producten en consumabele plantaardige producten

Het systeem levert verschillende typen producten:

- Het gewas levert veevoergrondstoffen (voor de dierlijke sector), consumabele producten als groenten, fruit en aardappelen en grondstoffen voor de verwerkende industrie (vezels, zetmeel, suiker).
- Het dier levert dierlijke mest (voor de plantaardige sector) en consumabele producten als vlees en zuivel.

In paragraaf 2.2 is duidelijk gemaakt dat een kringloop vraagt om een systeem dat vier componenten omvat: dier, mest, gewas en bodem. Daarenboven vraagt een kringloop om een zeker evenwicht tussen de vraag naar consumabele plantaardige producten en de vraag naar consumabele dierlijke producten. Immers op primair bedrijfsniveau zal altijd gezocht worden naar een redelijk – wellicht maximaal – bedrijfsresultaat. Het zijn vooral de consumabele producten die het bedrijfsresultaat bepalen. Een agrarische ondernemer verdient veel minder aan de nevenproducten (zoals dierlijke mest en stro) en aan de teelt van voedergewassen. Er zijn dus grenzen aan de mate waarin kan worden voorzien in de vraag naar

veevoergrondstoffen en dierlijke mest en deze grenzen worden bepaald door het te behalen inkomen uit de verkoop van consumabele producten. Een tweetal voorbeelden is illustratief in dit verband en is in het kader beschreven.

Biologische vollegrondsgroenteteeltbedrijven hebben een relatief kleine oppervlakte. Ondernemers streven daarom naar een intensieve hoogsalderende teelt. Granen en andere voergewassen zijn daarom economisch gezien niet interessant en worden hoogstens geteeld als rustgewas in een intensieve rotatie. De geringe productie die dit oplevert staat niet in verhouding tot de behoefte aan mest voor het totale bedrijf. Daarbij komt dat veel groentegewassen slechts een zeer geringe afvoer hebben, omdat slechts bepaalde plantendelen worden geoogst, zoals aardbeien. Het vormen van een kringloop met vollegrondsgroentebedrijven is om deze redenen problematisch.

Biologische akkerbouwers hebben meer ruimte voor granen ten behoeve van veevoer. Zij hebben grotere bedrijven met een ruime vruchtwisseling, waarin grotere oppervlaktes graan worden opgenomen. De intensievere gewassen moeten vanwege ziekten en plagen meestal in een ruimere rotatie worden verbouwd, en de grotere bedrijfsoppervlakte staat vaak niet toe dat er nog meer arbeidsintensieve teelten in het bouwplan worden opgenomen. Granen of andere voergewassen vormen dan een welkome aanvulling in de vruchtwisseling. Het aandeel granen wordt begrensd door het streven naar een redelijk of maximaal bedrijfsinkomen.

De mate waarin er evenwicht is tussen vraag en aanbod van dierlijke mest en veevoergrondstoffen wordt dus mede bepaald door de mate waarin er evenwicht is tussen de vraag naar consumabele dierlijke producten en de vraag naar consumabele plantaardige producten.

2.4 Conclusie

De elementen bodem, gewas, dier en mest vormen de basis van een nutriëntenkringloop. De bodem levert nutriënten aan de plant, terwijl de plant voorziet in de voerbehoefte van de dieren. De mest van de dieren is weer nodig om de bodemvruchtbaarheid op peil te brengen of te houden. Bij alle elementen treden verliezen op, en door de afzet van plantaardige en dierlijke producten verdwijnen eveneens nutriënten uit de kringloop. Deze afvoer wordt gecompenseerd door de aanvoer van buiten het systeem (grondstoffen, depositie en N-fixatie).

Uit bovenstaande is dus een tweetal vraagstukken in beeld waar het gaat om kringlopen:

- Welke mogelijkheden zijn er om de vier elementen (bodem, gewas, dier en mest) in een systeem op te nemen en op welk niveau moet de kringloop worden gevormd om aan de doelstellingen te voldoen?
- Waar ligt het noodzakelijke evenwicht tussen de grootte van de dierlijke en plantaardige productie om aan de doelstellingen voor de kringloop te voldoen? Welke gevolgen heeft dit voor de verhouding tussen het aanbod van plantaardige en dierlijke consumabele producten op de biologische markt?

Deze twee vraagstukken worden in dit paper verder uitgewerkt. Het eerste vraagstuk komt aan de orde in hoofdstuk 3, wat een aantal bestaande situaties tegen het licht houdt. Het vierde hoofdstuk gaat in op het tweede vraagstuk door middel van een modelverkenning op nationaal niveau.

3 Vier componenten in een systeem

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden, randvoorwaarden en effecten verkend van de keuze van verschillende systeemgrenzen. We hebben laten zien dat een gesloten kringloop vraagt om een systeemgrens dat tenminste de elementen bodem, mest, gewas en dier omvat. De vraag is nu waar die systeemgrens komt te liggen: op het bedrijfsniveau, op regionaal niveau of (inter)nationaal niveau. We willen daarbij tenminste aandacht vragen voor de bedrijfseconomische effecten, de milieu-effecten en de benodigde (keten)organisatie van die keuze. Daarbij gaan we niet alleen in op de milieu-effecten die direct verband houden met nutriënten, maar ook andere milieu-effecten. Deze andere milieu-effecten worden alleen bekeken tussen bedrijven, en niet op het bedrijf. Bijvoorbeeld, energieverbruik voor verwarming van de stallen, bewerking van eigen land en intern transport zijn niet meegenomen; energieverbruik voor transport van voeders tussen bedrijven is bijvoorbeeld wel meegenomen. We werken de genoemde systeemgrenzen verder uit.

3.2 Systeemgrens op bedrijfsniveau

Er zijn in de biologische sector een aantal bedrijfstypen te onderscheiden:

- gespecialiseerde plantaardige bedrijven
- gespecialiseerde veehouderijbedrijven, al dan niet 'grondgebonden'
- gemengde bedrijven met zowel plantaardige als dierlijke productie.

Deze worden in de volgende paragrafen achtereenvolgens uitgewerkt.

3.2.1 Gespecialiseerde plantaardige bedrijven

Op het primaire, gespecialiseerde plantaardige bedrijf zijn geen dieren aanwezig en wordt dus ook geen dierlijke mest geproduceerd. Door aankoop van mest en uitgangsmateriaal komen nutriënten het systeem binnen. Via de gewasproductie worden nutriënten opgenomen uit de bodem, en via plantaardige producten verlaat het grootste deel van deze nutriënten het systeem. Voor de meeste gewassen geldt dat niet alle plantendelen verkocht kunnen worden. Deze resten worden in de meeste gevallen op het land achtergelaten of als afvalstromen op het land teruggebracht. Hierdoor ontstaat een kleine circulatie van nutriënten binnen het bedrijf. De kringloop is dus niet gesloten, ze bevat immers niet de benodigde vier elementen, en is daarnaast erg onevenwichtig. Wanneer geen nutriënten worden aangevoerd vindt structurele uitputting van het systeem de bodem plaats. Om dit te voorkomen worden meststoffen van buiten het bedrijf aangevoerd. In de biologische sector zijn dat organische meststoffen, zoals dierlijke mest en bijproducten van de verwerkende industrie, bijvoorbeeld vinasse uit de suikerbietenindustrie. Verder kan er atmosferische stikstof worden vastgelegd door vlinderbloemige gewassen, zoals luzerne en klaver. Het blijkt zelfs mogelijk om in de stikstofvoorziening van een plantaardig productiesysteem te voorzien met behulp van vlinderbloemigen zonder de inzet van (organische) mest (Cormack, 1999; Thorup-Kristensen, 1999). In sommige plantaardige sectoren, zoals de akkerbouw, zijn mogelijkheden aanwezig om producten af te zetten als voer voor dieren, in ruil voor mest. In de fruitteelt of de teelt van siergewassen zijn deze mogelijkheden er niet. Deze systemen zijn totaal afhankelijk van de externe aanvoer van meststoffen en binding van atmosferische stikstof.

3.2.2 Gespecialiseerde veehouderijbedrijven

In principe behoren biologische veehouderijbedrijven grondgebonden te zijn. De EU-nitraatrichtlijn geeft aan dat op een bedrijf de veebezetting zodanig moet zijn dat dit leidt tot een hoeveelheid mest met maximaal 170 kg stikstof per hectare. Naast de componenten vee en mest behoren op veehouderijbedrijven dus ook de componenten bodem en gewas aanwezig te zijn. Voor het afzetten van de mest zou dus op het eigen

bedrijf een bepaald areaal per dier beschikbaar moeten zijn⁵. Dit is echter niet altijd mogelijk, en de richtlijnen laten de mogelijkheid open dat een veehouder en een akkerbouwer een samenwerkingsregeling treffen. Met name varkens- en pluimveehouders opereren op deze wijze. In de discussie over kringlopen noemen wij veehouderijbedrijven die alle vier componenten omvatten (vee, mest, grond en gewas) gespecialiseerde grondgebonden bedrijven. Bedrijven die weinig tot geen grond in eigendom, in pacht of via een grondgebruikersverklaring beschikbaar hebben, noemen wij gespecialiseerde niet-grondgebonden bedrijven.

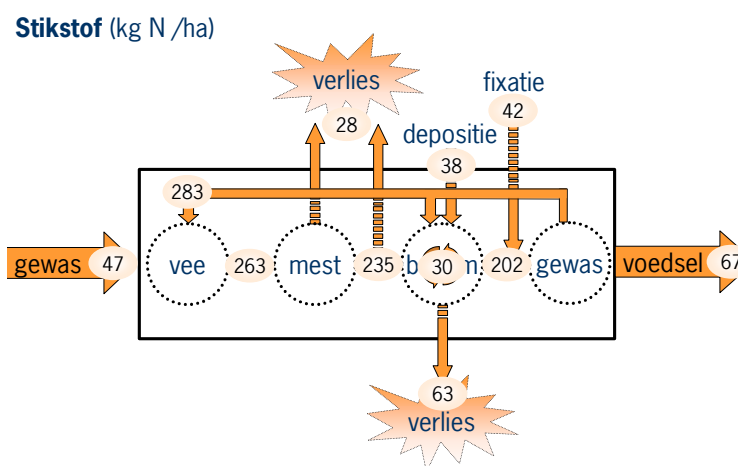
Op het gespecialiseerde, niet-grondgebonden veehouderijbedrijf worden geen gewassen geteeld. Aan de voerbehoefte van de dieren moet worden voldaan door aankoop van ruwvoer en krachtvoer, en het benodigde stro(oisel) in de stal moet eveneens worden aangekocht. Op deze bedrijfstypen wordt een grote hoeveelheid mest geproduceerd, die niet op het eigen bedrijf kan worden gebruikt. Er bestaat dus een grote onevenwichtigheid in de nutriëntenkringloop, wat ook te verwachten was omdat het systeem maar twee van de vier componenten omvat. De onevenwichtigheid kan alleen worden opgelost door extern afzetten van mest.

Op basis van het voorgaande is het logisch dat een grondgebonden veehouderijbedrijf, wat zowel een plantaardige als veehouderijtak omvat en alle vier componenten in het systeem heeft, meer mogelijkheden tot het sluiten van kringlopen biedt. Op dit bedrijf wordt het merendeel van het areaal gebruikt voor beweiding, maar daarnaast is op deze bedrijven meestal ruimte om eigen ruwvoedergewassen te verbouwen. Deze productie is meestal niet voldoende, zodat er ook op grondgebonden veehouderijbedrijven voeders aangevoerd worden. De vraag is dan hoe een dergelijk bedrijf nog mest vrij kan maken voor de akkerbouwers, tuinders en fruitteilers die het voer produceren. Onderstaand is een voorbeeld van een melkveehouderijbedrijf aangegeven, naar de situatie van 1999.

Voorbeeld gespecialiseerd grondgebonden veehouderijbedrijf

Mts Bor & Van Gils, situatie 1999 (naar Hendriks en Oomen, 2000)

Bedrijfssituatie: 42 melkkoeien
30 ha grasland
aankoop 30 ton snijmais, 58 ton brok, 10 ton stro (niet biologisch)



Hoewel in dit voorbeeld het systeem alle vier componenten omvat, blijkt dat het systeem niet gesloten is. Er vindt onder andere aanvoer van met name voedergewassen plaats. Evenmin is er sprake van evenwicht; op het systeemniveau van het bedrijf (exclusief aan- en afvoer van gewas en voedsel, verliezen, depositie en fixatie) is de netto N-balans -31 kg N/ha/jaar, terwijl er nog geen mest vrij gemaakt wordt voor akkerbouwers. Zonder bedrijfsaanpassingen, maar met een stringenter wetgeving omtrent de hoeveelheid stikstof per ha (waardoor er in dit voorbeeld mest voor akkerbouwers vrijkomt), loopt de negatieve balans van dit grondgebonden bedrijf op naar - 96 kg N/ha/jaar. Er zijn echter oplossingsrichtingen die de situatie kunnen verbeteren. Eén van de richtingen is een gemengd systeem (al dan niet op afstand).

⁵ 170 kg N/ha/jaar komt overeen met 2 melkkoeien, 6½ fokzeug, 14 mestvarkens, 580 slachtkuikens, of 230 leghennen per hectare (Bijlage VII (EG) Nr. 1804/1999).

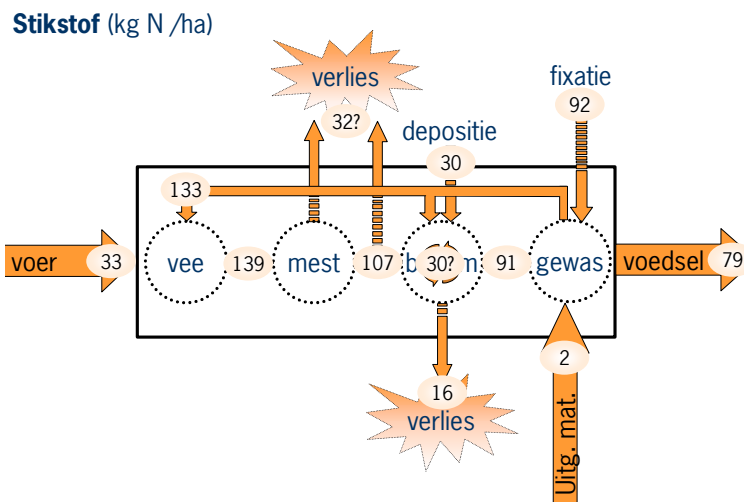
3.2.3 Gemengde systemen

Het gemengde bedrijfssysteem is een combinatie van grondgebonden veehouderij en akkerbouw, eventueel ook nog aangevuld met niet-grondgebonden veehouderij. In tegenstelling tot de grondgebonden veehouderij worden wel producten van het land verkocht en is er meer ruimte om ruwvoedergewassen te telen. De meeste gemengde bedrijven hebben dan ook naast marktbaar gewassen een ruim aandeel grasland en ruwvoergewassen, eventueel aangevuld met krachtvoervervangende gewassen. De dierlijke mest van het eigen bedrijf wordt meestal geheel aangewend op de eigen grond. Door de structurele afvoer van dierlijke en plantaardige producten is het noodzakelijk om tekorten aan te vullen door aankoop van krachtvoer, ruwvoer en/of meststoffen. Verder wordt er in de graslandpercelen ook klaver gezaaid, om stikstof uit de lucht te binden. Een voorbeeld van een biologisch gemengd bedrijf is de ir. A.P. Minderhoudhoeve te Swifterbant, die van 1996-2002 als proeflocatie diende voor het bedrijfssystemenonderzoek van Wageningen Universiteit. De resultaten van de nutriëntenkringloop in 1997 dienen als illustratie (de Wolf, 2000).

Voorbeeld gemengd systeem

Biologisch bedrijf ir .A.P. Minderhoudhoeve Swifterbant, situatie 1997

Bedrijfssituatie: 90 ha gemengd bedrijf
60 melkkoeien



Uit het voorbeeld blijkt dat het gemengde systeem ook niet kan zonder aanvoer van buitenaf. De compensatie van de afvoer met consumabele producten en verliezen vindt plaats door de aanvoer van krachtvoer en door de teelt van vlinderbloemige gewassen die een grote hoeveelheid stikstof binden.

3.2.4 Conclusie op bedrijfsniveau

De voorgaande voorbeelden laten zien dat in geen van de gevallen een gesloten kringloop gerealiseerd wordt. Het evenwicht in de kringloop neemt wel toe als de elementen bodem, plant, dier en mest een volwaardige plaats krijgen in het productiesysteem. Voor de gespecialiseerde plantaardige en veehouderijbedrijven blijkt er een structurele onevenwichtigheid te bestaan: Plantaardige bedrijven hebben een externe aanvoer van meststoffen nodig, terwijl niet-grondgebonden veehouderijssystemen externe aanvoer van voeders nodig hebben en tegelijk externe afvoer van mest behoeven.

Het grondgebonden veehouderijbedrijf kan in een deel van de eigen voerbehoefte voorzien en kan een groot deel van de eigen mest gebruiken. Op het gemengde bedrijfssysteem is dat nog sterker het geval. Toch blijft externe aanvoer van nutriënten nodig om afvoer en verliezen te compenseren.

De vraag rijst of het wel mogelijk is om op bedrijfsniveau het systeem evenwichtig te maken.

Hypothetisch zou een gespecialiseerd niet-grondgebonden veehouderijbedrijf met 52 zeugen en 320 vleesvarkens 88 ha akkerbouwgrond nodig hebben om zelf een volwaardig voer te kunnen verbouwen (Cranen, 1992). Er vindt dan geen aanvoer van voer plaats. Om de voorgeschreven maximale veebezetting niet te overschrijden moet het bedrijf beschikking hebben over minimaal 31 ha grond. Daaraan wordt met 88 ha ruim voldaan. Maar, als bemest zou worden op de normen van 170 kg N/ha/jaar is de veestapel te klein om de 88 hectare van voldoende meststoffen te voorzien. Het bedrijf zou bij eigen voerproductie en

het hanteren van de maximum aanwendnormen dus meststoffen moeten aanvoeren. Geconcludeerd kan worden dat op basis van deze uitgangspunten op bedrijfsniveau geen sprake is van een gesloten kringloop. Er zal een uitgekiend teeltplan opgesteld moeten worden om de stikstoftoediening uit de mest te kunnen minimaliseren, en waarin fixatie en depositie maximaal benut worden. Dit is het concept van de Minderhoudhoeve, en uit dit voorbeeld bleek ook geen volledig gesloten nutriëntenkringloop. De kringloop op bedrijfsniveau kan wel in evenwicht zijn.

De organisatie van de kringloop is op bedrijfsniveau wel eenvoudig. Er hoeven geen afspraken met andere ondernemers gemaakt worden. De controle op kwaliteit is eenvoudig, omdat de ondernemer voornamelijk eigen grondstoffen gebruikt. De logistiek is bij een systeemgrens op bedrijfsniveau prima te overzien. Bij de (gespecialiseerde) bedrijven is geen sprake van transport over langere afstanden, waardoor er op dit systeemniveau ook geen groot verbruik van fossiele energie plaatsvindt.

Het vormen van een gemengd systeem in volledig eigen beheer brengt voor bedrijven in verhouding hoge investeringskosten met zich mee. Zowel in stallen, dieren en melkquotum als in grond, mechanisatie en opslag moet geïnvesteerd worden. Daarbij komt dat deze investeringen zich alleen terugverdienen bij voldoende omvang van de veestapel of het akkerbouwareaal. Hierdoor is er bij gespecialiseerde bedrijven vaak meer interesse in samenwerking tussen bedrijven dan in het vormen van een gemengd systeem op het eigen bedrijf.

3.3 Systeemgrens regionaal

Op regionaal niveau kunnen meerdere gespecialiseerde bedrijven samenwerken en op deze manier proberen een gesloten nutriëntenkringloop te vormen. Daarbij zijn twee vormen te onderscheiden, namelijk bi-laterale samenwerking (ook wel koppelbedrijven genoemd) en het regionale samenwerkingsverband.

3.3.1 Bi-laterale samenwerking

Bij bi-laterale samenwerking, het gemengde bedrijf op afstand, is een samenwerkingsverband gevormd waarbij enkele bedrijven een vaste relatie met elkaar hebben. Eén of twee gespecialiseerde plantaardige bedrijven verbinden zich met één of twee gespecialiseerde veehouderijbedrijven. In diverse projecten is ervaring opgedaan met deze samenwerkingsverbanden (Prins *et al*, 2002; Hendriks en Oomen, 2000). Hieruit blijkt dat de nutriëntenkringloop evenwichtiger wordt, maar aanvoer van mest en/of voer blijft noodzakelijk.

De bedrijfsbelangen tussen de twee typen bedrijven zijn vaak tegengesteld. Het plantaardige bedrijf heeft vanwege de hoge grondkosten belang bij het telen van hoog salderende gewassen. Goede bodemkwaliteit en -structuur is daarbij essentieel. Het veehouderij bedrijf heeft belang bij het zo goedkoop mogelijk verkrijgen van stro en voer, en dan met name krachtvoer. Het sluiten van kringlopen bij koppelbedrijven vergt dus nogal wat ingrijpende aanpassingen in de bedrijfsvoering, en heeft een belangrijke beginvoorwaarde: de ondernemers moeten goed met elkaar overweg kunnen. Dit alles zorgt ervoor dat zelfvoorziening van nutriënten voor het koppelbedrijf moeilijk is.

3.3.2 Regionaal samenwerkingsverband

In deze vorm wisselen bedrijven wel grondstoffen met elkaar uit, maar hebben geen vaste relaties met elkaar. Interferentie in de bedrijfsvoering om mogelijk tot een betere afstemming van de nutriëntstromen te komen speelt in deze vorm (vooralsnog) geen rol. De belangrijkste stofstromen op deze systeemgrens zijn mest, voedergewassen en stro(oisel). Het nutriëntengehalte van stro en strooisel is erg laag, zodat dit weinig invloed op de balans heeft. Kijkend naar de nutriëntenkringloop zijn mest en voedergewassen dus de belangrijkste stromen.

In het voorbeeld van de Biologische Producentenvereniging Achterhoek (BPA) worden er netto over de systeemgrens heen meer nutriënten aangevoerd dan afgevoerd (zie kader). Van de totale stikstof en fosfaatvoorziening in de regio wordt verder maar 20% (N) en 24% (P_2O_5) tussen bedrijven en/of bedrijfstakken uitgewisseld. In ongeveer de helft van de gevallen vindt de uitwisseling op eigen bedrijf tussen de plantaardige en dierlijke tak plaats; de andere helft is tussen (gespecialiseerde) bedrijven. De component 'mest' blijkt het belangrijkste te zijn in de netto-opbouw van nutriënten in het systeem. Er is dus een netto mesttekort, dat in dit specifieke voorbeeld aangevuld wordt met voornamelijk niet-biologische runderdrijfmest (dit ondanks dat er biologische vaste varkensmest in de regio beschikbaar is). Uitwisseling

van voedergewassen tussen BPA-bedrijven treedt in dit specifieke voorbeeld bijna niet op. De door de plantaardige takken geproduceerde ruwvoerders, zoals gras en snijmaïs vinden een weg naar bedrijven buiten het systeem, terwijl er binnen de regio wel een vraag naar deze producten is. Er zijn dus mogelijkheden om de nutriëntenkringloop evenwichtiger en meer gesloten te maken, maar uit het onderzoek bleek dat persoonlijke preferenties met betrekking tot kwaliteit en financieel aspecten een belangrijke rol spelen.

Voorbeeld regionaal samenwerkingsverband¹

Biologische Producentenvereniging Achterhoek, situatie 2000 (naar Zonderland et al.)

Aanwezige bedrijfstakken (vijftien bedrijven, waarvan acht met meer dan één tak binnen het bedrijf):

9 akkerbouw of vollegrondsgroente

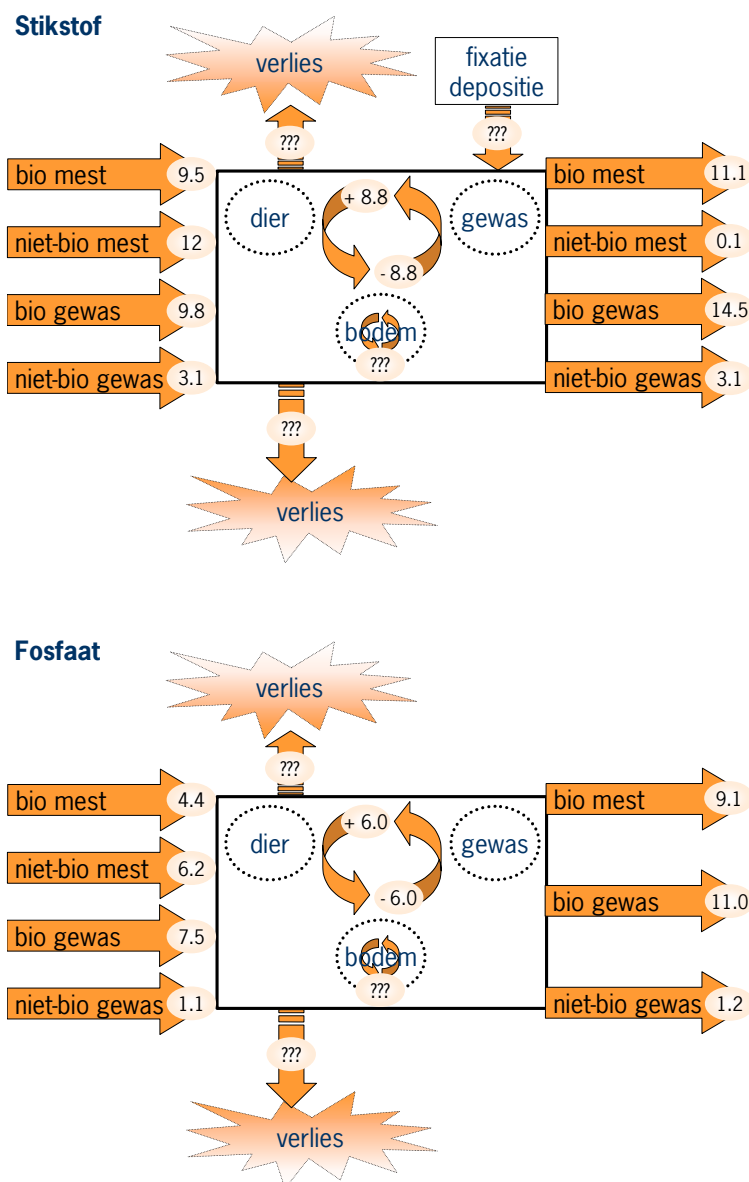
4 vleesvee

4 melkvee

2 varkens

1 fruitteelt

1 paddenstoelenteelt



¹ Verlies naar de lucht en diepere bodem is in dit voorbeeld niet gekwantificeerd, evenals bodemvoorraadwijziging, fixatie en depositie. Stromen in 1000 kg per jaar.

Stro(oisel) heeft een geringe impact op de nutriëntenkringloop, maar wat betreft het aantal tonnen speelt het nog wel een rol. Evenals bij een systeemgrens op bedrijfsniveau is er bij een systeemgrens op regionaal niveau een tekort aan stro. Omdat daarnaast biologisch stro een schaars goed is, wordt veel gangbaar stro in het systeem ingevoerd. Voor het opheffen van deze onbalans is een efficiënter strogebruik op het bedrijf of het toepassen van alternatieve strooiselbronnen (bijvoorbeeld rietmaaisel) noodzakelijk.

In een samenwerkingsverband op regionaal niveau waarbij bedrijven geen vaste relaties met elkaar hebben, krijgen logistieke en organisatorische aspecten een steeds groter belang. De complexiteit van de stofstromen en de koppeling tussen vraag, aanbod en voorraadbeheer vereisen een hoogwaardige organisatiestructuur. Op ieder moment moet bekend zijn welke bedrijven behoefte hebben aan grondstoffen, om welke grondstoffen het gaat en in welke hoeveelheden. Dit moet gekoppeld worden aan het beschikbare aanbod van bedrijven of de aanwezige voorraden.

De geografische verdeling van de grondstoffen is uiteindelijk bepalend voor de samenwerking op regionaal niveau. Bij langere afstanden nemen de transportkosten toe en de flexibiliteit bij bijvoorbeeld het aanwenden van mest neemt af. Financieel en persoonlijk gemak zijn dus bepalend in de wil om nutriëntcycli te sluiten. Transport kost ook veel energie en met name wegtransporten zijn relatief erg milieubelastend. Er treedt uitstoot van kooldioxiden (CO_2) en stikstofoxiden (NO en NO_2 ; samen NO_x) op. Deze gasen dragen onder andere bij aan de verzuring en het broeikas effect.

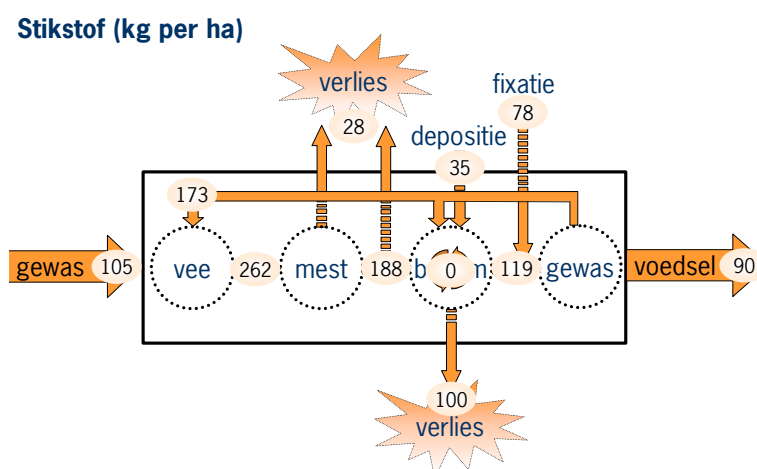
Een belangrijke randvoorwaarde voor de systeemgrens is de mate waarop een individuele ondernemer afhankelijk is van derden. De zelfstandigheid die agrarische ondernemers vanouds bezitten, is een verworvenheid die men niet graag opgeeft. De biologische ondernemers hebben daarnaast vaak een pioniersrol in hun regio, waardoor de onafhankelijkheid van de ondernemer eveneens wordt gestimuleerd. Samenwerking in een groter geheel met andere ondernemers wordt daarom soms als een bedreiging gezien voor de individuele vrijheid. Hoe groter het samenwerkingsverband wordt, hoe sterker dit bezwaar opspeelt. Alleen als er een economische motivatie is om samen te werken, kunnen ondernemers deze bezwaren aan de kant zetten.

3.4 Systeemgrens op (inter)nationaal niveau

Bezien vanuit het oogpunt van nutriëntenefficiëntie is een hoger niveau aantrekkelijker. De grootte en de diversiteit van het grondstoffenaanbod en de diversiteit van de vraag neemt verder toe, zodat grondstoffen beter worden benut. De verliezen nemen hierdoor af, zodat een kringloop op nationaal niveau zo op het oog gunstiger klinkt.

Voorbeeld systeemgrens op nationaal niveau

Nederlandse biologische landbouw, situatie 1999 (naar Hofstad en Schröder, 2002)



In het voorbeeld van Nederland blijkt dat er op nationaal niveau voldoende mest is om het Nederlandse biologische areaal van nutriënten te voorzien. Het voorbeeld wijst zelfs uit dat de mest onvoldoende ingezet wordt om in de voerbehoeftte van het Nederlandse biologische vee te voorzien, want er is een tekort aan voedergewassen. De landelijke afhankelijkheid van importen van voer is circa 20% voor stikstof (en zelfs circa 50% voor fosfaat). Op nationaal niveau is de kringloop dus niet gesloten. Evenwicht blijkt er wel te zijn. Verbeteringen in de geslotenheid van de nutriëntenkringloop zouden zijn te realiseren door het aantal dieren te beperken en/of het areaal uit te breiden. Op dit areaal zouden dan wel voedergewassen (en geen consumabele gewassen) geteeld moeten worden. Omdat de kringloop wel in evenwicht is, is het een uitdaging om op (inter)nationaal niveau restproducten uit de samenleving te recyclen. Een aantal randvoorwaarden worden meer en meer beperkend naarmate de systeemgrens hoger wordt gelegd. De complexiteit van de stromen neemt nog verder toe, zodat hoge eisen worden gesteld aan de organisatie van de kringloop. De transportafstand en het aantal transporten zal nog verder toenemen, waardoor de kosten en de milieubelasting door transport stijgen.

3.5 Conclusies

Het is onmogelijk om de nutriëntenkringlopen te sluiten, omdat er in een productiesysteem met een niet-biologische consument altijd nutriënten uit het systeem verdwijnen die niet gecompenseerd worden door retourstromen. Daarnaast treden altijd verliezen op naar de omgeving, hoewel die ten opzichte van de huidige situatie wel gereduceerd kunnen worden. Deze afvoerposten moeten gecompenseerd worden om uitputting van het systeem te voorkomen. Dit gegeven maakt het niet mogelijk om op enig niveau de kringloop te sluiten.

Dat geldt in ieder geval voor gespecialiseerde systemen die niet alle vier componenten (dier, gewas, mest, bodem) omvatten, maar ook niet als alle componenten aanwezig zijn, zoals bij gemengde systemen of koppelbedrijven. De mate waarin het systeem externe inputs nodig heeft neemt af naarmate de systeemgrens wijder wordt. Volledige geslotenheid, waarbij er geen externe aanvoer nodig is, blijft een utopie, omdat er ook afvoer plaats blijft vinden over de systeemgrens heen. De biologische landbouw zou dus eerder moeten streven naar een kringloop in evenwicht.

Uit voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Naarmate de grens van het systeem hoger ligt (regionaal ten opzichte van bedrijf; (inter)nationaal ten opzichte van regio) verminderen de verliezen. Immers grondstoffen kunnen dan efficiënter worden ingezet en beter worden benut, resulterend in lagere nutriëntenverliezen.
- De economische rendement van individuele bedrijven is nog steeds limiterend bij de vorming van kringlopen. In de huidige situatie is het gebruik van biologische grondstoffen duurder dan het toegestane gebruik van gangbare grondstoffen. Dat geldt in ieder geval voor biologische mest, ruwvoerders en krachtvoerders.
- Daar komt bij dat er meer transport en dus (fossiele) energie nodig is om de biologische kringloop naar een hoger zelfvoorzieningsniveau te brengen. Met name als de biologische sector niet sterk uitbreidt, zijn de afstanden tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en leveranciers/afnemers relatief groot.
- Aandachtspunt is dat er hogere eisen aan ketenorganisatie, logistiek en kwaliteitsborging gesteld worden in een systeem waar nutriënten volop uitgewisseld worden. Deze aspecten hebben invloed op de praktische vormgeving en het succes van kringlopen, maar ook op het kostenplaatje van het geheel.

4 Kringlopen bij opschaling van de biologische landbouw

4.1 Inleiding

Zoals in hoofdstuk 2 geconstateerd is een passend evenwicht tussen de omvang van de dierlijke productie en die van de plantaardige productie nodig om tot gesloten kringlopen te komen. De vraag naar consumabele dierlijke producten en die van consumabele plantaardige producten kent een eigen dynamiek. In dit hoofdstuk willen we die vraag in beeld brengen. Ook hier kunnen we de drie systeemgrenzen die in hoofdstuk 3 zijn verkend als uitgangspunt kiezen: bedrijfsniveau, regionaal niveau, (inter)nationaal niveau. We beperken ons tot de verkenning van één systeemgrens: die van Nederland. We richten ons op de Nederlandse vraag en de vraag van die landen waar we anno 2002 naar exporteren. In een model zijn de nutriëntenverliezen en de benodigde inputs van buiten het systeem "Nederlandse biologische landbouw" berekend. In dit model komen de vier componenten die in hoofdstuk 2 zijn beschreven terug: vee, mest, bodem en gewas. Deze componenten zijn aan elkaar verbonden middels technische coëfficiënten. In onderstaand kader is beschreven hoe het model het evenwicht voor met name veevoer en meststoffen bepaalt.

Vraag en aanbod van veevoer

- Vraag naar veevoer (gesplitst naar ruwvoer en krachtvoer):
 - (ontwikkeling van) vraag naar biologisch zuivel en biologisch vlees +
 - benodigde hoeveelheid veevoer per diergroep →
 - hoeveel veevoer is er nodig?
- Aanbod van veevoer(gesplitst naar ruwvoer en krachtvoer):
 - (ontwikkeling van) vraag naar biologische plantaardige producten +
 - bouwplannen +
 - opbrengst veevoer per hectare →
 - hoeveel veevoer wordt er geproduceerd gegeven de vraag naar consumabele plantaardige producten?

Uit de confrontatie van vraag en aanbod blijkt of sprake is van een overschot of een tekort aan biologisch veevoer.

Vraag en aanbod van mest

- Vraag naar mest:
 - (ontwikkeling van) vraag naar biologische plantaardige producten +
 - benodigde hoeveelheid mest per gewasgroep →
 - hoeveel mest is er nodig?
- Aanbod van mest:
 - (ontwikkeling van) vraag naar biologische dierlijke producten (zuivel, vlees) +
 - hoeveelheid geleverde mest per diergroep →
 - hoeveel mest wordt er geproduceerd gegeven de vraag naar consumabele dierlijke producten?

Uit de confrontatie van vraag en aanbod blijkt of sprake is van een overschot of een tekort aan biologische mest.

Het model berekent vervolgens of er sprake is van een evenwicht en dus of en hoeveel er van buiten het systeem moet komen. Dit kan zijn: import van biologisch veevoer of biologische meststoffen uit het buitenland en/of veevoer of meststoffen van de gangbare landbouw. Het model berekent niet alleen of er sprake is van een balans, het berekent ook de verliezen in de kringloop. Het model is beschreven in bijlage 2.

De input voor het model komt onder andere van de CBS-landbouwtelling. De CBS-landbouwtelling geeft inzicht in het areaal consumabele producten, ruwvoerders (voor veevoer), gras (voor veevoer), vlinderbloemigen (voor bemesting). Verder geeft de CBS-landbouwtelling inzicht in het aantal dieren dat op biologische bedrijven wordt gehouden. In het model is uitgegaan van de biologische bedrijven en bedrijven

in omschakeling. Op basis van technische coëfficiënten uit diverse rapporten, waaronder de resultaten van BIOM- en BIOVEEM-bedrijven en Hofstad en Schröder (2002) kan de vraag en het aanbod van meststoffen en diervoeders worden bepaald.

Er zijn verschillende scenario's doorgerekend met het model, te weten:

1. De situatie anno 2001.
2. De situatie waarin de groei van de biologische sector zover gestimuleerd wordt dat de omvang van alle dieren en arealen (consumabele gewassen en voedergewassen) 5% van de gangbare omvang bedraagt. In dit scenario zijn de groeidoelstellingen van de verschillende sectoren centraal gesteld.
3. De situatie waarin de vraag naar dierlijke en plantaardige consumabele producten op 5% wordt verondersteld en door de sector gestreefd wordt naar zelfvoorziening in de voederbehoefte. In dit scenario is de kringloopgedachte op nationaal, Nederlands, niveau centraal gesteld.

Deze scenario's worden in de volgende paragrafen achtereenvolgens uitgewerkt.

4.2 Scenario 1: situatie anno 2001

In tabel 4.1 is de situatie anno 2001 beschreven. Het aantal dieren en het areaal ruwvoer, krachtvoer en consumabele plantaardige gewassen – uitgesplitst naar vlinderbloemigen en niet-vlinderbloemigen in verband met de stikstoffixatie – vormt de input.

Tabel 4.1 Uitgangssituatie van de Nederlandse biologische landbouw voor 2001

Areaal gewassen en veestapel	2001
Niet-vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	22.500
Vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	800
Niet-vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	3.400
Vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	65
Niet-vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	7.700
Vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	500
Rundvee (stuks)	41.000
Varkens (stuks)	17.400
Pluimvee (stuks)	420.000

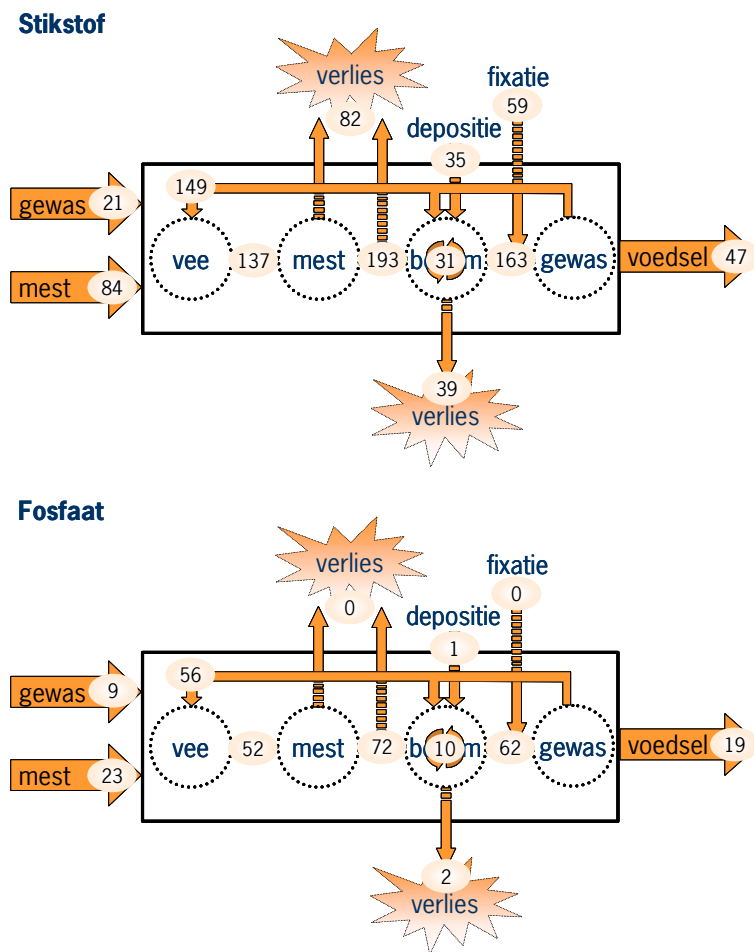
Om te komen tot de stikstof- en fosfaatbalans is gerekend met 50% benutting van de stikstof uit de mest in het eerste jaar, 15% vervluchtiging uit de stal en de mestopslag en 20% vervluchtiging bij het uitrijden van de mest. Het verlies door uit- en afspoeling bedraagt 20%.

De resultaten van scenario 1 staan weergegeven in Figuur 4.1. Uit de figuur blijkt dat de kringloop van biologische landbouw in Nederland niet gesloten is. Qua input is er 21 kilogram stikstof en 9 kilogram fosfaat per hectare via voer en 84 kilogram stikstof en 23 kilogram fosfaat per hectare via mest nodig van buiten de Nederlandse biologische landbouw. Er verdwijnt 121 kilogram stikstof per hectare als verlies naar het milieu door vervluchtiging (82 kg/ha) en door uitspoeling en afspoeling (39 kg/ha). Ook verdwijnt er 47 kilogram stikstof per hectare via de consumabele producten. Dit betekent dat er van de totale verliezen naar "buiten de kringloop" 28% voor rekening van de consumabele producten komt, terwijl 72% als verliezen naar het milieu verdwijnt. Voor fosfaat is dit beeld heel anders. Daar gaat 2 kilogram fosfaat per hectare als verlies richting het milieu door alleen uit- en afspoeling, terwijl 19 kilogram fosfaat per hectare via consumabele producten uit de kringloop verdwijnt. Fosfaat verlaat dus vooral via consumabele producten de kringloop, terwijl stikstof dat vooral via het milieu doet.

In totaal worden er relatief weinig nutriënten afgevoerd en zijn er relatief veel verliezen in het systeem. Voor de grotere stikstofverliezen zijn verschillende oorzaken aan te wijzen:

- Het stikstofgehalte in de biologische producten is lager dan dat in gangbare producten. Bovendien is de hectareopbrengst van biologische producten lager dan die van gangbare producten; soms is zelfs sprake van een mislukte oogst. Dit resulteert in een lagere netto-afvoer van nutriënten op biologische bedrijven.

- Organische vaste mest is moeilijker te hanteren en op de behoefte van het gewas af te stemmen dan kunstmest. Voor stikstof komt daarbij dat mineralisatie (en dus het beschikbaar komen van de stikstofmeststof voor de plant) niet of nauwelijks kan worden beïnvloed. Daardoor sluiten vraag naar en aanbod van nutriënten niet altijd goed op elkaar aan. Het risico van nutriëntenverliezen neemt toe in de periode dat het aanbod groter is dan de vraag.



Figuur 4.1 Kringlopen van stikstof en fosfaat in de Nederlandse biologische landbouw in 2001 (in kg/ha).

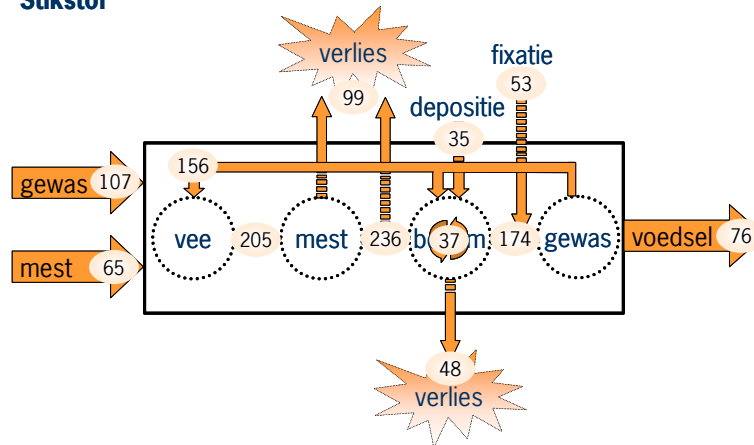
4.3 Scenario 2: stimulering groei tot 5% van areaal en dieren

In dit scenario zijn de groeidoelstellingen van de verschillende sectoren als uitgangspunt genomen door aan te nemen dat alle arealen en aantallen dieren toenemen tot 5% van de gangbare sector in 2001. Dit geldt zowel voor consumabele gewassen als voor voedergewassen, hoewel daar geen expliciete doelstelling voor bestaat. Om te voldoen aan de eis dat de veebezetting maximaal overeen mag komen met een forfaitaire stikstofproductie van 170 kg N/ha is er vanuit gegaan dat het areaal voor ruwvoergewassen groeit in relatie het aantal runderen (zie ook voetnoot 5) (tabel 4.2).

Voor scenario 2 zijn drie subscenarios doorgerekend. Deze staan voor drie soorten van optimalisatie ten opzichte van de situatie in 2001, namelijk voor a) bemesting, b) stikstofbeschikbaarheid en (c) verliezen. De eerste optimalisatie betreft een meer passende bemesting. De bemesting is niet gebaseerd op wat in 2001 gebruikelijk was in de praktijk, maar er wordt bemest volgens de PPO-adviezen (PPO, pers. comm.). Daarbij gelden evenwel de relatief lage beschikbaarheid van stikstof uit mest en de relatief hoge verliezen, beide gelijk aan de niveaus van 2001. In het tweede subscenario wordt uitgegaan van een betere stikstofbeschikbaarheid uit mest: deze wordt op 67% gesteld (in vergelijking met 50% in het eerste scenario). Het derde subscenario gaat nog een stapje verder en gaat uit van lagere verliezen uit stal en mestopslag, bij uitrijden en door uitspoeling. Deze worden ieder op 10% gesteld.

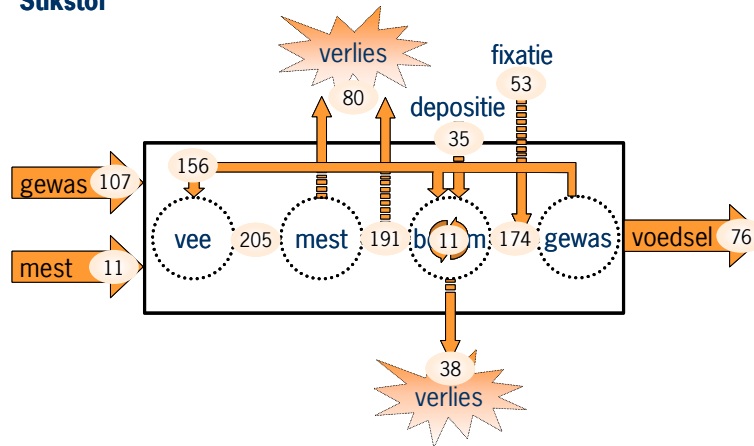
In figuur 4.2 staan de resultaten van de drie verschillende scenarios weergegeven voor de stikstofkringloop.

Stikstof



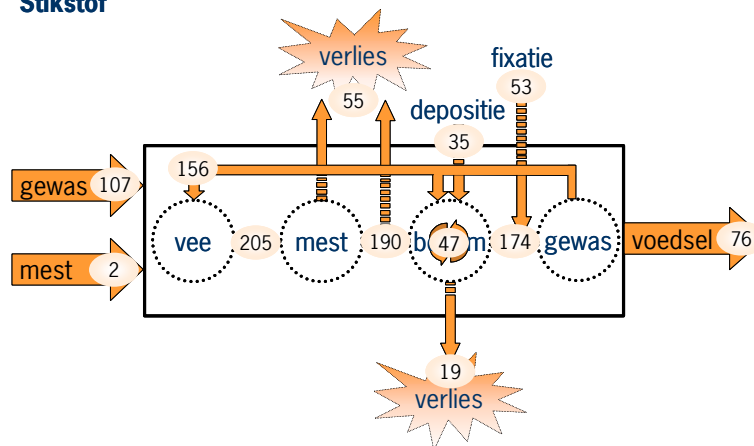
Subscenario 2a: Bemesting volgens PPO-advies.

Stikstof



Subscenario 2b: Bemesting volgens PPO-advies en verbetering beschikbaarheid stikstof.

Stikstof



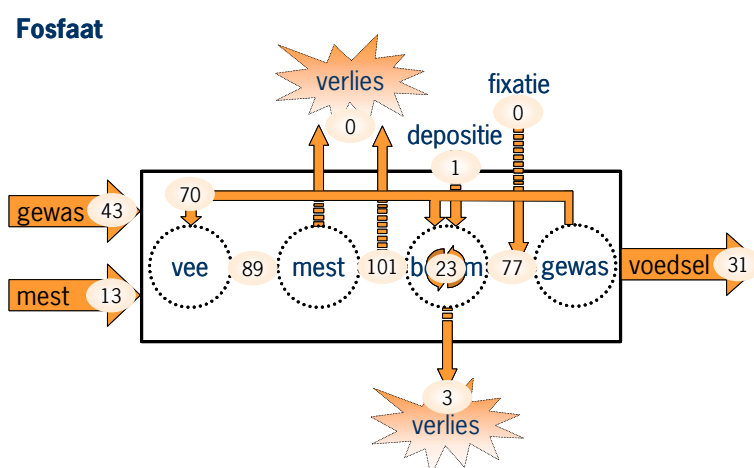
Subscenario 2c: Bemesting volgens PPO-advies, verbetering beschikbaarheid stikstof en lagere verliezen.

Figuur 4.2 Stikstofkringloop in de Nederlandse biologische landbouw bij stimulering van de groei tot 5% van gangbaar (in kg/ha).

Tabel 4.2: Uitgangssituatie van de Nederlandse biologische landbouw bij stimulering van de groei tot 5% van gangbaar.

Areaal ge wassen en veestapel	5%-doelstelling
Niet-vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	125.000
Vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	900
Niet-vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	7.000
Vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	65
Niet-vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	47.000
Vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	700
Rundvee (stuks)	258.000
Varkens (stuks)	481.000
Pluimvee (stuks)	6.241.000

Uit de figuur blijkt dat veel voer moet worden geïmporteerd in dit scenario, waarin alle sectoren in de zelfde mate gestimuleerd worden om te groeien (zowel het aantal dieren als de arealen voer- en consumptiegewassen tot 5% ten opzichte van gangbaar). Dat komt omdat er in verhouding veel dieren zijn ten opzichte van de hoeveelheid grond. Het areaal is onvoldoende om te kunnen voorzien in de veevoerbehoefte. Om dezelfde reden is er meer biologische mest beschikbaar dan de maximale bemesting van 170 kilogram per hectare. Er is een overschot van 20 (subscenario 2c) tot 65 kg/ha (subscenario 2a). Verder leren de subscenarios dat naarmate de bemesting wordt geoptimaliseerd, met een betere beschikbaarheid van stikstof en lagere verliezen, de totale emissie naar het milieu kleiner wordt. Bij toepassing van de PPO-bemestingsadviezen verdwijnt 147 kilogram stikstof per hectare naar het milieu, terwijl dat naar 74 kilogram stikstof per hectare kan worden teruggebracht wanneer ook de beschikbaarheid van stikstof uit mest verbetert⁶ en de verliezen geminimaliseerd worden. De resultaten voor de fosfaatkringloop staan weergegeven in figuur 4.3.



Figuur 4.3 Fosfaatkringloop in de Nederlandse biologische landbouw bij stimulering van de groei tot 5% van gangbaar (in kg/ha).

4.4 Scenario 3: omvang in relatie tot vraag en zelfvoorziening

In dit scenario wordt als uitgangspunt gekozen dat de omvang van zowel de veestapel als het areaal gebaseerd is op de vraag naar consumabele dierlijke en plantaardige producten. Het areaal voor de productie van ruwvoer- en krachtvoergewassen is in dit scenario afgeleid van de veestapel. De biologische sector kan zelf in haar voederbehoefte voorzien. De kansen om de kringloop in evenwicht te brengen of te sluiten groeien. Om een vergelijking met scenario 2 mogelijk te maken is verondersteld dat de vraag van de consument overeenkomt met een omvang van areaal en veestapel van 5% van gangbaar in 2001. Er zijn twee subscenario's doorerekend: a) er wordt bemest volgens PPO-adviezen, en b) de stikstofbehoefte wordt volledig zelf door de sector gedragen, door het areaal van vlinderbloemige ruwvoergewassen te verhogen.

⁶ De beschikbaarheid van stikstof uit organische mest hangt af van de hoeveelheid minerale stikstof en de mineralisatiesnelheid van organisch gebonden stikstof. De beschikbaarheid van stikstof varieert van 30 % in verse vaste mest tot 70 % in drijfmest.

Tabel 4.3: Uitgangssituatie van de Nederlandse biologische landbouw bij een meer onderling gebalanceerde omvang tussen sectoren.

Areaal gewassen en veestapel	Bemesting volgens PPO-advies	Bemesting volgens PPO-advies en zelfvoorzienend voor stikstof
Niet-vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	132.000	81.000
Vlinderbloemige ruwvoergewassen (ha)	900	51.000
Niet-vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	95.000	95.000
Vlinderbloemige krachtvoergewassen (ha)	75.000	75.000
Niet-vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	47.000	47.000
Vlinderbloemige consumabele gewassen (ha)	700	700
Rundvee (stuks)	258.000	258.000
Varkens (stuks)	481.000	481.000
Pluimvee (stuks)	6.241.000	6.241.000

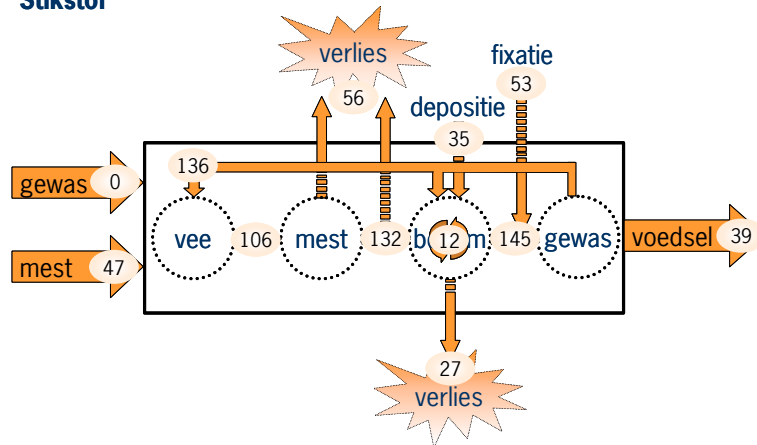
Uit de modelberekeningen (zie figuur 4.4 en 4.5) blijkt dat het technisch mogelijk is dat biologisch landbouw in Nederland zou kunnen functioneren zonder input van voedermiddelen en stikstofbemesting. Bij deze conclusie moet echter een aantal kanttekeningen worden geplaatst.

- Uitgangspunt is dat de krachtvoerbehoefte van de Nederlandse biologische varkens- en pluimveestapel zou kunnen worden gevoed met veevoedergrondstoffen, die op Nederlandse biologische bedrijven worden verbouwd. In de modelberekeningen zijn we er van uitgegaan dat het benodigde krachtvoer zou bestaan uit ongeveer 55% graan en 45% veldbonen. Het is de vraag of dat rantsoen voedertechisch verantwoord is. Daarbij komt dat de oogstzekerheid van veldbonen onder Nederlandse omstandigheden onvoldoende is om het voederrantsoen op te baseren.
- Uitgangspunt is dat er bij zelfvoorziening voor stikstof grote arealen vlinderbloemige gewassen nodig zijn. In het model is dat “opgelost” door teelt van luzerne. Ook hierbij is het de vraag of dit voer- en teelttechnisch in deze mate mogelijk is. Een mogelijk alternatief zou zijn om in plaats van luzerne het klaverpercentage in grasland te verhogen.
- Overigens heeft ook de stikstof, die door vlinderbloemigen wordt gebonden, kans op uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Uitbreiding van het areaal vlinderbloemigen is wat dit betreft minder gunstig dan verbetering van de stikstofbenutting en beperking van de verliezen.

Het is dus de vraag of het uit voedertechisch oogpunt mogelijk is om de voer- en meststoffenbehoefte op de gekozen manier ook optimaal is. Ook vanuit bedrijfseconomisch oogpunt zijn er kanttekeningen. Het is ook de vraag in hoeverre het ingeschatte areaal vlinderbloemigen reëel is uit oogpunt van bedrijfseconomische resultaten. Dat geldt ook meer in het algemeen voor het gebruik van biologische grondstoffen als voer en mest. Dit aspect blijft hier verder buiten beschouwing, maar zal doorslaggevend zijn bij de vorming van kringlopen.

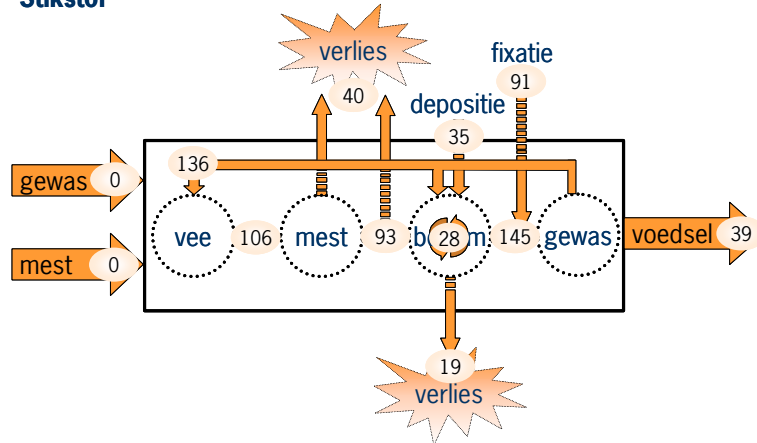
Voor de fosfaatbalans geldt dat deze niet geheel parallel loopt aan die van stikstof. In het tweede en derde scenario – waarin gestreefd wordt naar zelfvoorziening van ook de stikstofbemesting – wordt een tekort aan fosfaat uit mest geconstateerd; deze moeten van buiten de Nederlandse biologische landbouw komen. Uit bijgaande figuur blijkt dat een betere benutting van de meststoffen (in het derde subscenario) leidt tot minder stikstofverliezen per hectare naar het milieu. Wanneer de vergelijking wordt gemaakt met het scenario “5% ten opzichte van gangbaar” zijn de lagere hectare-verliezen opvallend.

Stikstof



Subscenario 3a: Bemesting volgens PPO-advies.

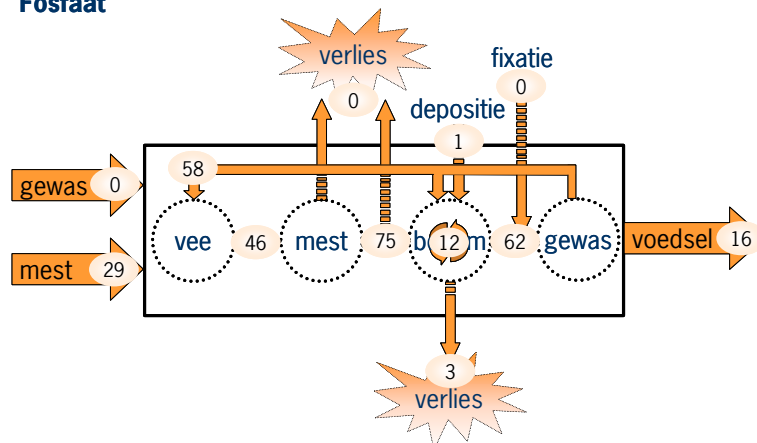
Stikstof



Subscenario 3b: Bemesting volgens PPO-advies en zelfvoorzienend voor stikstof.

Figuur 4.4 Stikstofkringloop in de Nederlandse biologische landbouw bij een meer onderling gebalanceerde omvang tussen sectoren (in kg/ha).

Fosfaat



Figuur 4.5 Fosfaatkringloop in de Nederlandse biologische landbouw bij een meer onderling gebalanceerde omvang tussen sectoren (in kg/ha).

4.5 Conclusies

Anno 2001 is de kringloop niet in evenwicht en niet zelfvoorzienend. Er is veel import van stikstof- en fosfaatmeststoffen en van veevoer nodig om in de behoefte van gewassen en dieren te voorzien.

Wanneer de biologische plantaardige en dierlijke sectoren in dezelfde mate gestimuleerd worden om door te groeien naar een bepaald aandeel van de gangbare landbouw, raakt de kringloop nog verder uit evenwicht. Er is dan een zeer hoge import van biologisch veevoer nodig en er ontstaat een overschot aan biologische mest. Er is onvoldoende areaal in verhouding tot de veestapel. De verhouding tussen de plantaardige en dierlijke sector is erg belangrijk om de doelstelling van zelfvoorziening voor mest en voer te kunnen bereiken.

Wanneer zelfvoorziening als voorwaarde geldt en het areaal afgestemd moet worden op de voederbehoefte van het vee is een enorm areaal voedergewassen nodig. De biologische plantaardige productie moet fors meer groeien dan die van de biologische dierlijke productie. Wanneer de dierlijke productie tot 5% groeit, zou het areaal gewassen tot meer dan 15% van het Nederlandse landbouwareaal moeten toenemen. Het is technisch wel mogelijk om te komen tot zelfvoorziening voor meststoffen en veevoer, maar of dit bedrijfseconomisch ook haalbaar is, is een nader te beantwoorden vraag. Ook zou nog nader moeten worden gezien of de gekozen uitgangspunten (keuze voor specifieke gewassen) uit voedertechisch oogpunt wel de beste zijn. Verder blijkt dat bij zelfvoorzieningsscenario's de totale verliezen toenemen. De stikstofverliezen per hectare zijn lager, vanwege het grote areaal.

Een meer optimale bemesting, een betere beschikbaarheid van stikstof bij bemesting en een minimalisatie van de verliezen kunnen helpen om de stikstofemissie naar het milieu te verminderen.

Terwijl zelfvoorziening voor stikstof wel (technisch) mogelijk blijkt, geldt dat niet voor fosfaat. De uitstroom van fosfaat door verliezen en consumabele producten kan niet anders worden gecompenseerd dan door aanvoer van meststoffen van buiten de kringloop. Dit gaat ook op voor kalium en sporenelementen. Ook hiervoor is aanvulling van de afvoer niet anders mogelijk dan via aanvoer van buiten de kringloop. Op korte termijn zijn er in Nederland weinig problemen te verwachten als er geringe uitputting voor fosfaat, kali en sporenelementen plaatsvindt, vanwege relatief hoge niveaus in de bodem.

Eventueel liggen er nog mogelijkheden de kringloop te verbeteren indien de keten in de kringloop wordt betrokken. Een voorbeeld is aanvoer van compost van (onbespoten) groente- en fruitafval bij verwerking of consumptie van biologische producten.

5 Synthese

5.1 Conclusies

5.1.1 Begripsvorming

De begripsvorming rondom kringlopen in de biologische sector is onduidelijk. Er wordt nauwelijks aangegeven wat men verstaat onder ‘(gesloten) kringlopen’, welke kringlopen in beschouwing worden genomen, en op welk niveau ze plaatsvinden. De motivatie om kringlopen te vormen is vaak afgeleid van andere intenties van de biologische landbouw, zoals zelfvoorziening of de opzet van regionale systemen.

Wat is een (gesloten) kringloop: Er zijn twee verschillende dimensies aan de in de volksmond genoemde “gesloten” kringlopen. Het gaat om (1) open of gesloten kringlopen, en om (2) een evenwicht in kringlopen. De eerste heeft betrekking op de mate waarin stromen vanuit of naar het systeem gaan en het tweede heeft betrekking op de mate waarin in- en uitgaande stromen in evenwicht zijn. Tezamen met de eerste constatering kan worden gesteld dat de gekozen systeemgrenzen sterk bepalend zijn voor de mogelijkheden om te komen tot gesloten kringlopen.

Welke kringlopen: Er wordt vaak eenzijdig naar nutriënten gekeken, waarbij dan alleen stikstof en fosfaat genoemd worden. Energie, koolstof en water vallen vaak buiten de beschouwing, terwijl daarvoor ook kringlopen beschreven zouden kunnen worden. Deze zijn meestal nauw verweven met de nutriëntenkringloop.

Op welk niveau een kringloop: Het niveau waarop kringlopen gesloten of in evenwicht gebracht kunnen worden is in principe een glijdende schaal. De kleinste eenheid daarin is het primaire agrarische bedrijf; de grootste eenheid de wereld.

5.1.2 Vier componenten

Om te komen tot een gesloten kringloop zijn vier componenten van betekenis: mest, dier, gewas en bodem. Deze vier tezamen maken het mogelijk om een kringloop te realiseren. Wanneer een of meer van deze elementen ontbreekt is het niet goed mogelijk om te komen tot gesloten kringlopen. De onderlinge verhoudingen van de componenten bepalen mede de mate van *evenwicht* van het systeem.

Noch voor bedrijven, noch voor regio's en noch voor Nederland kunnen we komen tot *gesloten* kringlopen. De gesloten nutriëntenkringloop is niet realiseerbaar, zeker niet wanneer ook nog rekening gehouden moet worden met productiedoelstellingen die een zeker inkomen moeten realiseren. De afvoer van nutriënten naar de consument en de onvermijdelijke verliezen uit het systeem zorgen ervoor dat aanvoer van nutriënten noodzakelijk is.

5.1.3 Systeemgrenzen

Een hoger systeemniveau (bijvoorbeeld regio of natie ten opzichte van bedrijf) geeft wel meer mogelijkheden om de kringloop *in evenwicht* – tweede element in de discussie – te krijgen. Op gespecialiseerde plantaardige bedrijven en op niet-grondgebonden veehouderijbedrijven bestaat een onevenwichtige situatie ten opzichte van grondgebonden veehouderijbedrijven en gemengde systemen. Immers op die bedrijven is er geen goed evenwicht tussen de vier noodzakelijke componenten.

De vorming van kringlopen op een hoger niveau heeft meer mogelijkheden, maar daar is een keerzijde aan verbonden. De complexiteit van de keten neemt toe en stelt hogere eisen aan organisatie, logistiek en kwaliteitszorg. Daarnaast wordt de transportafstand groter, waardoor het totale gebruik van fossiele energie en de milieubelasting stijgt.

5.1.4 Zelfvoorziening

Zelfvoorziening van het systeem is alleen mogelijk voor stikstof, als gebruik gemaakt wordt van vlinderbloemige gewassen. Hiermee kan de afvoer met producten en verliezen worden gecompenseerd. Vanuit dit oogpunt moet stikstofbinding als een externe aanvoer worden beschouwd. Voor andere nutriënten (fosfaat en kali) en sporenelementen bestaat deze mogelijkheid niet en moeten andere aanvoermogelijkheden worden benut.

Vanwege de verwevenheid van de stikstofstromen met andere stromen (fosfaat, sporenelementen) is volledige zelfvoorziening van de biologische sector praktisch gezien onmogelijk.

De onvermijdelijke verliezen van nutriënten hebben een grote invloed op de kringloop. De vorming van een kringloop op een hoger niveau kan de verliezen reduceren, omdat grondstoffen beter benut kunnen worden. In een productiesysteem treden echter altijd verliezen op, die in de huidige biologische sector sterk op kunnen lopen.

Zelfvoorziening voor voeders en stikstof van de biologische sector in Nederland stelt hoge eisen: Om de dieren van 100% biologische voeders te voorzien is in verhouding een enorm areaal grond nodig. Bij 5% biologische dieren loopt dit op tot meer dan 15% van de Nederlandse landbouwgrond. Hiervan is slechts een zeer klein deel bestemd voor de menselijke consumptie. Het overgrote deel is krachtvoer- en ruwvoerproductie-areaal. Deze bestaan voor een groot deel uit vlinderbloemigen, om zodoende in de eiwitbehoefte van de dieren te voorzien en om voor de noodzakelijke stikstofaanvoer van het systeem te zorgen.

De teelt van ruwvoer- en krachtvoergewassen is economisch gezien niet interessant in vergelijking met de teelt van voedselgewassen. Wanneer de prijs voor voederproductie toeneemt, is het gebruik van biologisch veevoer van Nederlandse oorsprong minder aantrekkelijk of mogelijk zelfs niet haalbaar voor de biologische veehouderij.

De teelt van eiwitrijke (krachtvoer)gewassen in Nederland als grondstof voor krachtvoer is risicovol. De optionele gewassen zijn erg ziektegevoelig, waardoor de oogstzekerheid sterk afneemt. Daarnaast wordt het voor bijvoorbeeld jonge biggen lastiger om met de biologische eiwitrijke grondstoffen die in Nederland geteeld kunnen worden, een voer met een voldoende hoog eiwitgehalte van de gewenste kwaliteit samen te stellen. Hierdoor kan de diergezondheid gevaar lopen.

Evenwichtige groei van de biologische sectoren is van levensbelang om de intenties van de biologische landbouw en het predikaat 'biologisch' waar te maken en om de milieudoelstellingen te halen. De vijf- of tienprocentdoelstelling voor *alle* sectoren in dezelfde mate resulteert in een vergelijkbare intensiteit met de gangbare sector anno 2001. Er is dan veel import van buiten het Nederlandse biologische systeem nodig.

5.2 Aanbevelingen

De verwevenheid van nutriëntenkringlopen met andere kringlopen (koolstof, water, energie, sporenelementen) moet aanleiding zijn om kringlopen meer geïntegreerd te bestuderen en te vormen.

100% Biologische grondstoffen (mest, voer en stro) is binnen de huidige economische condities in Nederland niet realistisch; meer realistische doelstellingen aangaande het gebruik van biologische grondstoffen is noodzakelijk. Door de onvermijdelijke afvoer van nutriënten en de afwezigheid of extreem hoge kosten van compensatiemogelijkheden is het nodig om te komen tot haalbare doelstellingen.

Theoretische verkenningen naar de mogelijkheden en consequenties van de vorming van kringlopen op verschillende schaalniveaus. Deze verkenningen omvatten verschillende aspecten: Het doorrekenen van stromen, inschatting van kosten, analyse van (keten)organisatie, toetsing op praktische haalbaarheid en een studie naar de wenselijkheid.

Onderzoek naar de teelt en verwerking van vlinderbloemige krachtvoergewassen in Nederland, waarbij de teelttechnische en voedertechische aspecten worden onderzocht.

Verder onderzoek naar de economische haalbaarheid van zelfvoorziening voor voer en/of stikstof in de biologische sector.

Om de uitkomsten van dit onderzoek te kunnen plaatsen verdient het aanbeveling ook de gangbare landbouw met het model door te rekenen en te beoordelen op evenwichtigheid en geslotenheid.

Literatuur

Publicaties

Cormack, W.F., 1999. Testing a stockless arable organic rotation on a fertile soil. In: J.E. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen en U. Köpke (eds), 1999. Designing and improving crop rotations in organic agriculture. Proceedings from an international workshop, Danish Research Centre for Organic Farming, 1999.

DARCOF, 2000. Principles of organic farming; Discussion document prepared for the DARCOF Users Committee. Danish Research Centre for Organic Farming, November 2000, 34 pp.

Dijk, A van, 2001. Life Cycle Assessment van de gangbare en biologische varkenshouderij in Nederland. Afstudeerverslag. Leerstoelgroep Dierlijke Productiesystemen, Wageningen Universiteit en Research centrum, Wageningen, november 2001.

Haas G., Wetterich F. en Köpke U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agr Eco Environm*, 83: 43-53.

Hofstad E.G. en Schröder J.J. 2002. Stikstof- en fosfaat stromen in de Nederlandse biologische landbouw: een gemankeerde kringloop. Rapport 48. Plant Research International B.V., Wageningen, juni 2002.

Keulen, H. van, E.A. Lantinga en H.H. van Laar (eds.), 1998. Mixed farming systems in Europe. Proceedings van de workshop gehouden in Dronten van 25-28 mei 1998. Ir. A.P. Minderhoudhoeve-reeks nr. 2, Wageningen 1998.

N.N. 2002. Feitelijke prestaties biologische landbouw. Onderzoeksproject Praktijkonderzoek Plant en Omgeving en Praktijkonderzoek Veehouderij.

Peppelman, G., H. Schoorlemmer, J. Spruijt-Verkerke, I. Vermeij, M. de Visser en S. van Woerden, 2002. Feitelijke prestaties biologische landbouw. Conceptrapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, augustus 2002.

Schröder J.J. en W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukker en R. Booij (eds.), *Biologische Landbouw onder de loep*. PPO-Lelystad, publicatie nr. 303, 192 p.

Schröder J.J., F.G. Wijnands en R. Booij, 2002. Intenties van biologische landbouw en de rol van onderzoek. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukker en R. Booij (eds.), *Biologische Landbouw onder de loep*. PPO-Lelystad, publicatie nr. 303, 192 p.

Thorup-Kristensen, K., 1999. An organic vegetable crop rotation aimed at self-sufficiency in nitrogen. In: J.E. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen en U. Köpke (eds), 1999. Designing and improving crop rotations in organic agriculture. Proceedings from an international workshop, Danish Research Centre for Organic Farming, 1999.

Wolf, P.L. de, 2000. Nitrogen and organic matter dynamics on the ir. A.P. Minderhoudhoeve; Inputs and outputs of nitrogen. MSc thesis, Biological Farming Systems, Wageningen University, March 2000.

Zonderland J.J., Spruijt-Verkerke J., Visser M. de, Smid J. en Enting J. 2002. Regionale samenwerking in de biologische landbouw: modellering van mineralenstromen. Rapportage opdrachtgever. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, september 2002.

Websites

www.ifoam.org website van de International Federation of Organic Farming Movements.

www.skal.nl website van de stichting Skal

www.platformbiologica.nl website van Platform Biologica

Bijlage 1 IFOAM Standards for Organic Production and Processing

Organic Production and Processing is based on a number of principles and ideas. They are all important and are not necessarily listed here in order of importance.

To produce food of high quality in sufficient quantity.

To interact in a constructive and life-enhancing way with natural systems and cycles.

To consider the wider social and ecological impact of the organic production and processing system.

To encourage and enhance biological cycles within the farming system, involving micro-organisms, soil flora and fauna, plants and animals.

To develop a valuable and sustainable aquatic ecosystem.

To maintain and increase long term fertility of soils.

To maintain the genetic diversity of the production system and its surroundings, including the protection of plant and wildlife habitats.

To promote the healthy use and proper care of water, water resources and all life therein.

To use, as far as possible, renewable resources in locally organised production systems.

To create a harmonious balance between crop production and animal husbandry.

To give all livestock conditions of life with due consideration for the basic aspects of their innate behaviour.

To minimise all forms of pollution.

To process organic products using renewable resources.

To produce fully biodegradable organic products.

To produce textiles which are long-lasting and of good quality.

To allow everyone involved in organic production and processing a quality of life which meets their basic needs and allows an adequate return and satisfaction from their work, including a safe working environment.

To progress toward an entire production, processing and distribution chain which is both socially just and ecologically responsible.

Bijlage 2 Modelbeschrijving

Het model bestaat uit vier compartimenten, te weten: vee, mest, bodem, gewas. De fosfaat- en stikstofstromen tussen deze compartimenten zijn in beeld gebracht door middel van beschikbare data uit diverse bronnen.

Bijlage 2a Compartiment vee.

In dit compartiment wordt de voeropname, de productie en de mestproductie beschreven.

Het aantal dieren (Landbouwtelling 2001) op biologische bedrijven en bedrijven in overschakeling wordt per categorie vermenigvuldigd met de ingeschatte voeropname, de productie (Retentie en productie van melk en eieren) en de mestproductie. De hoeveelheden zijn geschat aan de hand van verschillende projecten (o.a. Bioveem, Biovar)

De input van het compartiment vee bestaat uit het voer vanuit het compartiment (biologisch) gewas, eventueel aangevuld met niet-biologisch voer. De output is consumabele dierlijke producten en mest.

Aantallen dieren, voeding, productie en mestproductie in kg stikstof en fosfaat per dier

Diercategorie	Aantal 2001	Stikstof			Fosfaat		
		voer	productie	mest	voer	productie	mest
Melkkoe	17184	148	36	112	51	15	36
zoogkoe	4060	76	6	70	34	3	31
melkjongvee <1 jr	6842	44	6	38	15	3	12
melkjongvee >1 jr	7189	107	6	101	37	4	33
vleesjongvee <1 jr	2621	44	10	34	15	7	8
vleesjongvee >1 jr	2820	107	10	97	37	7	30
vleeskalveren	307	49	10	39	17	7	10
vleesvarken	14462	21	6	15	11	3	8
fokzeug	2625	55	12	43	33	6	27
opfokvarkens e.d.	285	22	6	16	13	3	10
opfokhennen	66135	0.69	0.25	0.44	0.35	0.15	0.20
legghen	272490	1.42	0.32	1.11	0.71	0.08	0.63
vleeskuiken	81393	0.96	0.41	0.55	0.48	0.16	0.32
ooien	12053	14	2.5	11.5	5.0	1.1	3.9
Melkgeiten	10577	21	3	18	7.2	1.4	5.8
Paarden	960	110	0	110	50	0	50

Bijlage 2b. Compartiment mest

De hoeveelheid mest is de vermenigvuldiging van het areaal en mestgebruik in de diverse gewassen (Bioveem, BIOM). De mest is voorzover beschikbaar afkomstig van biologische bedrijven (na aftrek van verliezen in stal, opslag en transport). Een tekort aan mest wordt opgevuld met mest van buiten de kringloop.

De input van het compartiment mest komt uit het compartiment (biologisch) vee, eventueel aangevuld met niet-biologische mest. De output gaat naar verlies en het compartiment bodem.

Arealen, bemesting en productie in kg stikstof en fosfaat per ha

Gewassen	AreaalStikstof			Fosfaat			
	2001	bemesting	PPO-advies	afvoer	bemesting	PPO-advies	Afvoer
Knol- en wortelgewassen:							
Cichorei	22	138	0	47	55	41	21
Consumptieaardappelen	911	205	270	76	113	45	25
Fabrieksaardappelen	56	187	310	57	64	34	14
Pootaardappelen	343	235	130	82	133	50	30
Suikerbieten	981	284	220	88	74	64	44
Voederbieten	20	182	220	164	95	63	43
Groenvoedergewassen:							
Corn-cob-mix	69	193	240	145	77	62	42
Korrelmaïs	245	363	140	92	140	63	43
Luzerne	674	191	-200	430	134	123	103
Snijmais	1,426	193	240	145	77	62	42
Granen:							
Haver	534	129	240	86	68	56	36
Rogge	431	111	240	49	45	44	24
Triticale	522	141	240	94	75	62	42
Wintergerst	69	110	240	51	99	44	24
Wintertarwe	562	122	240	85	55	53	33
Zomergerst	1,222	122	240	62	60	53	33
Zomertarwe	1,581	144	240	96	88	60	40
Handelsgewassen:							
Graszaad	128	122	100	85	55	53	33
Hennep	7	71	20	4	99	31	11
Karwijzaad (actueel jaar)	0	280	160	36	5	37	17
Koolzaad	3	122	240	85	55	53	33
Vlas	135	60	40	30	40	40	20
Uien:							
Poot- en plantuien	89	172	160	31	169	30	10
Zaaiuien	359	150	140	66	80	41	21
Zilveruitjes	6	106	0	56	38	38	18
Peulvruchten:							
Bruine bonen	26	330	-80	12	109	24	4
Erwten (groen te oogsten)	442	88	-110	28	45	26	6
Groene erwten en schokkers	4	0	-80	140	0	26	38
Kapucijners	7	0	-80	140	0	25	38
Veldbonen	65	0	-80	160	0	25	52
Groenbemestingsgewassen	137	100	-80		50	20	
Overige akkerbouwgewassen	387	150	140	60	75	50	30

Vollegrondsgroenten:

Aardbeien	13	109	120	5	41	23	3
Andijvie	8	118	100	68	49	39	19
Asperges	18	192	280	20	128	25	5
Bewaarkool	89	262	140	65	135	41	21
Bloemkool	162	251	180	51	143	38	18
Broccoli	89	181	280	30	102	28	8
Knolselderij	80	204	240	61	139	69	49
Kroten	67	175	230	90	124	51	31
Prei	98	245	360	40	121	32	12
Schorseneren	9	154	70	154	53	73	53
Sla	48	72	100	65	38	43	23
Sluitkool	40	262	300	65	135	41	21
Spinazie	112	195	230	44	94	31	11
Spruitkool	33	316	220	53	159	40	20
Stambonen	216	150	-20	29	74	29	9
Tuinbonen	25	197	-110	214	118	84	64
Was- en bospeen	44	165	80	16	72	28	8
Winterpeen	298	130	80	88	75	58	38
Witlofwortel	100	133	40	86	86	72	52
Overige groenten	339	150	140	60	75	50	30
Grasland intensief	20,976	133	133	250	40	100	80

Bijlage 2c Compartiment bodem

Bij de bemesting van de bodem treden verliezen op. Voor stikstof is dat een verlies bij het uitrijden (20%) en door uit- en afspoeling (eveneens 20%). Het stikstofverlies bij weidend vee is gesteld op 40%. Voor fosfaat treedt alleen een klein verlies op door uit- en afspoeling (2%).

Naast de bemesting worden via depositie stikstof (35 kg N/ha) en fosfaat (1 kg fosfaat/ha) meststoffen aan de bodem toegevoegd. Het is mogelijk dat er een verschil optreedt tussen de totale aanvoer van stikstof en fosfaat naar de bodem (na aftrek van de verliezen) en de totale afvoer via de gewassen per ha.

Aangenomen is dat dit verschil toegevoegd wordt aan de bodemvoorraad.

De input van het compartiment bodem komt uit het compartiment mest en depositie. De output gaat naar verlies, mutatie van de bodemvoorraad en het compartiment gewas.

Bijlage 2d Compartiment gewas

Gewassen worden in verschillende categorieën ingedeeld: ruwvoergewassen (grasland, voederbieten, corn-cob-mix, luzerne, snijmaïs en groenbemestinggewassen), krachtvoergewassen (korrelmaïs, haver, rogge, triticale, wintergerst, zomergerst, zomertarwe en veldbonen) en consumabele gewassen (de rest).

Als de productie van ruwvoer (netto 7,5 ton droge stof per ha) en krachtvoer (netto 5,0 ton product per ha) onvoldoende is om de veestapel te voeden wordt er voer van buiten de kringloop aangevoerd.

Na de oogst van ruw- en krachtvoergewassen treden nog kleine verliezen op in de opslag en bij het vervoederen. De meeste van die verliezen blijven in de kringloop. Aangenomen is dat 1% van de stikstof en fosfaat de kringloop verlaat.

De input van het compartiment gewas komt uit het compartiment bodem. De output gaat naar consumabele plantaardige producten en het compartiment vee.

Stikstofbinding

Stikstof bindend gewas	Stikstoffixatie per ha
Luzerne	383
Bruine bonen	160
Erwten (groen te oogsten)	201
Groene erwten en schokkers	201
Kapucijners	200
Veldbonen	100
Groenbemestinggewassen	100
Tuinbonen	160
Groenbemester	60
Grasland intensief	75